

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Suplementación de Ensilado de Nopal (*Opuntia spp.*) con Urea y Melaza para tres razas de Cabras (*Capra hircus*)

POR:

Luis Oscar Pichardo Alvarez

TESIS:

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2012

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

SUPLEMENTACIÓN DE ENSILADO DE NOPAL (*Opuntia spp.*) CON UREA Y
MELAZA PARA TRES RAZAS DE CABRAS (*Capra hircus*)

POR:

LUIS OSCAR PICHARDO ALVAREZ

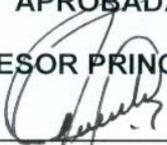
TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

APROBADA:

ASESOR PRINCIPAL:



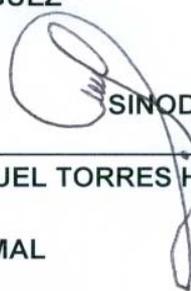
Ph. D. JESÚS M. FUENTES RODRIGUEZ

SINODAL:



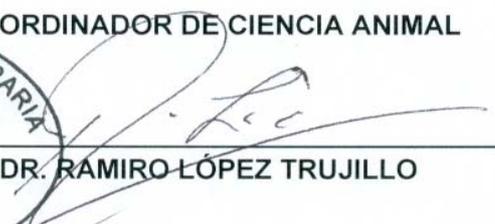
ING. ROBERTO A. VILLASEÑOR RAMOS

SINODAL:



M.C. MANUEL TORRES HERNÁNDEZ

COORDINADOR DE CIENCIA ANIMAL



DR. RAMIRO LÓPEZ TRUJILLO

Buénavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2012



DEDICATORIAS

*A la memoria de mi abuelito: **Luis Alvarez Martínez (†)**. Por heredarme lo más hermoso y valioso de esta vida, el amor al campo y al trabajo. Por todo su amor brindado hacia mí, por enseñarme las cosas buenas, por sus consejos y enseñanzas, por demostrarme que la humildad de una persona es el reflejo de la educación. A pesar de ya no estar conmigo sé que de alguna manera él está orgulloso de mí. Por eso y más **GRACIAS ABUELITO**.*

A mi abuelita: Columba Gutiérrez Cadena.** Por todo su amor hacia mí, por los momentos en que se preocupó por el bienestar familiar por su apoyo para que lograra terminar esta etapa de mi vida, muchas **GRACIAS ABUELITA

***A mi padre: Enrique Pichardo Archundia.** Por todo su apoyo en cada una de las etapas de mi vida, tanto emocional como económico sin tu apoyo nunca hubiera logrado termina mi carrera, porque siempre apoyaste cada meta que me propuse. Gracias padre por todo tu amor y preocupación por mí.*

***A mi madre: Leticia C. Alvarez Gutiérrez.** Por todo su amor hacia mí, por todos esos momentos de preocupaciones hacia mi persona que siempre estuvo ahí de alaguna manera incondicionalmente para lograr terminar mi carrera, por la confianza depositada durante todo este tiempo que estuve ausente. Por apoyarme y estar conmigo en los buenos y malos momentos de mi vida. Gracias madre porque siempre estas a mi lado.*

***A mis hermanos: Leticia, Enrique, Carmen, Lorena, José Juan Pichardo** por todo su apoyo y por estar al pendiente de mí, por los momentos que no pude estar con ustedes. Los quiero mucho, gracias hermanos.*

A mis tíos: Gloria Alvarez, José Alvarez, Inés Gonzales, Teresa Pichardo, Miguel Ruiz. Por todo su cariño, apoyo y motivación que me mostraron para terminar mi carrera, porque de alguna manera cada uno de ustedes formo parte muy importante para que yo lograra concluirlo. Por el apoyo que siempre le han brinda a mi familia, muchas gracias a todos

A mis primos: Teresa Alvarez, Indira Alvarez, José Luis Alvarez, Iris Alvarez. Por todo su cariño, por su apoyo cuando lo necesite, por todos los buenos momentos que hemos pasado y aquellos que me perdí por estar lejos, muchas gracias primos los quiero mucho.

A las familias: Macías Calderón; Ranulfo, María Dolores y Santillán Calderón; Yozune y mi niño Jean Carlo. A ellos por su amista brindad hacia mí y mi familia. Por su apoyo desde que los conocí, por permitirme compartir momentos tan especiales con ustedes, y muy en especial a mi niño Jean Carlo por a ver llegado a formar parte muy especial en mí, por su cariño que me demuestra en cada uno de los momentos que pasamos juntos, te quiero mucho. Muchas gracias a cada uno de ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS. *Por haberme puesto en este camino tan maravilloso por darme la familia más hermosa que pudiera tener porque de alguna manera sé que siempre eres tú el que me apoyo en los buenos y malos momentos de mi vida, gracias.*

A MI “ALMA TERRA MATER” La **UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**. *Por el cobijo durante estos años y haberme abierto las puertas para lograr mi formación profesional, por todos los buenos momentos que pase con mis compañeros y todo lo aprendido durante este tiempo, porque en ti conocí nuevos y buenos amigos gracias.*

A MIS AMIGOS: RAUL YAIR ALVARADO, CARLOS JIMENEZ, EDUARDO PINEDA, *A ustedes gracias por demostrarme que siempre han sido unos verdaderos amigos por haberme apoyado y alentado cuando lo necesite, por los buenos momentos que hemos pasado al compartir tantas ideas y proyectos, muchas gracias amigos.*

A JÓSE LUIS GRANILLO, JUAN MANUEL, JESÚS ALEJANDRO (EL CORNELIO), ALFREDO GINES, JOSUE AVILA (POY), DANIEL SANTIAGO (TIGRE), PEDRO LOPEZ, PEDRO GERRERO, ALONZO LEONEL, ADRIAN (RUDI), SAMUEL (SAMI), DAVID SANCHES, MIGEL ANGEL (PARIBUS), LUIS JIMENEZ, (EL CRUDO) MANUEL (EL PELADO). *A todos ustedes gracias por que durante todo este tiempo juntos fuimos como una familia, por las buenos momentos vividos, porque con usted encontré buenos amigos en esta universidad, gracias espero que nos veamos pronto.*

AL Dr. Rubén Barajas Cruz. *Por su apoyo y colaboración en la realización de mi tesis y por haberme brindado su amistad, muchas gracias Dr.*

A los miembros del comité de asesoría

Al Ph. D. Jesús M. Fuentes Rodríguez. Por haberme brindado la oportunidad de formar parte de este proyecto y por todo sus consejos para la realización de la tesis, así como su amistad brindada, gracias.

M.C. Manuel Torres Hernández. Por ser parte de este comité y asesorarme en la realización de la tesis.

ING. Roberto A. Villaseñor Ramos. Por formar parte de este comité y por su amistan brindada Durante mi estancia en esta universidad, por sus consejos gracias.

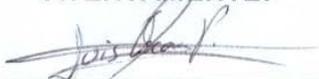
A todos y cada uno de mis maestros que formaron parte de mi formación pero muy en especial a los maestros de los departamentos de **PRODUCCIÓN ANIMAL, NUTRICIÓN ANIMAL, RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, porque cada uno de ellos me aportó mucho para lograr tener un conocimiento sobre mi carrera de Ing. AGRONOMO ZOOTECNISTA sinceramente muchas gracias.

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADEMICA

El suscrito Luis Oscar Pichardo Alvarez, estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con matricula 283952 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 publicada por otros autores y utilizada en la presente Tesis han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.
3. Toda información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redacta según su criterio y apreciación de tal manera que no se ha incurrido en el copiado y pegado.
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. Entendiendo que la función y alcance del 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:



Luis Oscar Pichardo Alvarez

Tesista de licenciatura/UAAAN

ÍNDICE

	PÁGINAS
RESUMEN	Xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Hipótesis	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Nopal	3
2.1.1 Taxonomía	5
2.1.2 Análisis bromatológico y minerales del nopal	5
2.1.3 Contenido natural de agua en el nopal	7
2.1.4 Relación entre el consumo de agua por ganado y consumo de nopal	8
2.1.5 Valor nutricional	9
2.1.6 Producción	13
2.1.7 Los factores que influyen en el incremento del rendimiento del nopal	13
2.1.8 Consumo por los animales	15
2.1.9 El nopal y la producción animal	16
2.2 Métodos de conservación del forraje	21
2.2.1 Ensilaje	21
2.2.2 Ventajas del ensilaje	22

2.2.3 Desventajas del ensilaje	23
2.2.4 Tipos de silos	23
2.2.5 La microflora del ensilaje	25
2.2.6 El proceso del ensilaje	26
2.2.7 pH y temperatura	27
2.2.8 Características y evaluación del ensilaje	28
2.2.9 Aditivos para el ensilaje	29
3 MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1 Localización del área de estudio	31
3.2 Tratamiento	31
3.3 Recolección de nopal (<i>Opuntia spp.</i>)	31
3.4 Elaboración del silo	32
3.5 Consumo del ensilado de nopal	33
3.6 Análisis estadístico	33
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1 Análisis bromatológico	34
4.2 La composición de la ración proporcionada en T1 y T2 en base a Materia seca	34
4.3 Contenido nutricional de la ración (%)	35

4.4 Influencia de la suplementación entre las diferentes cargas genéticas	36
4.5 Influencia de la suplementación de ensilado de nopal en la ganancia de peso en cabras	38
4.6 Influencia de la suplementación de ensilado de nopal en ganancia de peso entre las razas de cabras en tratamiento	40
5 CONCLUSIONES	42
6 LITERATURA CITADA	43

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS	PÁGINAS
2.1 Clasificación de taxonomía del nopal (<i>Opuntia spp.</i>)	5
2.2 Análisis bromatológico de diferentes géneros, especies y Variedades del nopal (% base a materia seca)	7
2.3 Nutrientes en el cultivo liso forrajero para la posición, Oriente y poniente del cladodio del nopal (ppm)	7
2.4 Contenido de agua entre especies y variedades del nopal forrajero en Saltillo, Coahuila, México.	8
2.5 Análisis bromatológico de diferentes géneros especies y variedades de nopal	10
2.6 Variación en el contenido de nutrientes digestible de nopal sin espinas	12
2.7 Nutrientes digestibles en pecas de nopal de diferentes tipos y edades	12
4.1 Análisis bromatológico de los ingredientes que componen la ración diaria de las cabras en tratamiento	34
4.2 Composición de la ración diaria en base a MS (kg.)	34
4.3 Contenido nutrimental de la ración T1 (%)	35
4.4 Contenido nutricional de la ración T2 (%)	35

4.5 influencia de la suplementación con ensilado de nopal en la ganancia de peso de cabras con diferente carga genética	37
4.6 Influencia de la suplementación con ensilado de nopal en la ganancia de peso en cabras	39
4.7 influencia de la raza en la ganancia de peso de cabras	41

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINAS
2.1 Consumo de nopal en g/ms/día versus consumo de agua en litro/día	9
4.1 Influencia del ensilado de nopal entre las diferentes cargas genéticas con respecto a la ganancia de peso	37
4.2 Influencia del ensilado de nopal con respecto a la ganancia de peso (g) entre los tratamientos	39
4.3 influencia de la suplementación entre las razas en tratamiento	41

RESUMEN

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la unidad caprina ubicada en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. El objetivo principal fue la suplementación de ensilado de nopal adicionado con melaza y urea, en el que se evaluó el incremento de peso diario en cabras de tres diferentes cargas genéticas. En el T1 (testigo) se proporcionó una dieta en base a silo de maíz 0.334 kg/día, heno de triticale 0.528 kg/día en base a materia seca, mientras que para el T2 se proporcionó una dieta a base de silo de maíz 0.334 kg/día, heno de triticale 0.528 kg/día y silo de nopal 0.0325 kg/día en base a materia seca. Se realizó un análisis bromatológico, donde se determinó el contenido de Materia Seca, Proteína Cruda, Fibra Cruda, Cenizas, Extracto Etéreo y Extracto Libre de Nitrógeno. Para la realización de análisis estadístico se utilizó un diseño en bloques completamente al azar. Los resultados obtenidos en este estudio indican que la suplementación de ensilado de nopal adicionado con melaza y urea en la alimentación de las cabras, y un adecuado manejo logran mejorar la ganancia diaria de peso en los animales en tratamiento en un 115%, con una ganancia superior al testigo en 58.5 g/día además sin que haya una diferencia significativa ($P>0.05$) entre las diferentes cargas genéticas. De acuerdo con los resultados obtenidos y la hipótesis planteada se puede concluir que la suplementación de ensilado de nopal adicionado con melaza y urea logra incrementar la ganancia de peso, en los animales en tratamiento, también se concluye que la técnica de preservación de forraje permite mejorar la calidad del ensilado. Cabe mencionar que todavía no hay investigaciones que permitan lograr un producto estandarizado que promueva una adecuada producción. Se concluye que la elaboración y el uso de ensilaje de nopal adicionado con melaza y urea es una alternativa para los caprinocultores de las zonas áridas y semiáridas durante temporadas de estiaje.

Palabras claves: Cabras, Ensilaje, Ganancia de peso, Nopal, Silo.

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los sistemas de producción pecuaria tienen baja productividad debido a la disponibilidad limitada de alimento y la calidad deficiente, especialmente en áreas susceptibles a la sequía donde el sector ganadero sufre grandes pérdidas regularmente.

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.

Existen alternativas que permiten lograr una mejora en la utilización del nopal como un forraje de emergencia para las zonas áridas del país, como lo es el ensilaje que permite incorporar algunos nutrientes como proteína. En esta concepción el procedimiento ofrece ventajas en la buena utilización de este forraje y la economía de los productores, que pudiera verse beneficiada con la obtención de resultados positivos en el comportamiento animal con costos menores.

El estudio del potencial y el valor nutritivo de *Opuntia* podría contribuir al desarrollo del sector pecuario en las regiones secas de México.

1.1 Objetivo

Evaluar el comportamiento productivo de cabras con un suplemento a base de ensilaje de nopal con urea y melaza, para mejorar la nutrición de las cabras, utilizado como un forraje de emergencia con el fin de lograr una mejora en la producción de las cabras mediante el uso de la técnica de ensilado de forraje.

1.2 Hipótesis

Ho: La suplementación a base de nopal, urea y melaza en cabras no mejorará el peso.

Ha: La suplementación a base de nopal, urea y melaza en cabras mejorará el peso.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Nopal

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 Luis Potosí, Jalisco, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Chihuahua (Flores y Aguirre 1992).

Las nopaleras silvestres se han utilizado no solo para la obtención de forraje para la alimentación del ganado doméstico, sino también 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 al ganado, convirtiéndose en alimento de subsistencia, siendo consumido en algunas regiones todo el año. Como forraje en las épocas de estiaje, disminuye en el ganado la necesidad de beber agua, a la vez que satisface su apetito.

López y Elizondo (1988) reconocieron cuatro regiones ocupadas por nopaleras explotadas para forraje o fruta, o ambas, las cuales se describen a continuación:

La **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*.

La **Zona del altiplano**. Que se ubica principalmente en los estados de Zacatecas y San Luís 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).

La **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. phaeacantha* (nopal rastrero), y *O. rastrera*, *O. lindheimeri* y *O. rastrera*.

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

Existen casi 300 especies del género *Opuntia* (Scheinvar, 1995). Solamente en México, (Bravo, 1978) se han ubicado 104 especies y variedades.

El género *Opuntia* está representado por 104 especies, 60 por ciento localizadas en el desierto Chihuahuense. Las especies más importantes de uso forrajero son: *Opuntia leucotricha*, *O. streptacantha*, *O. robusta*, *O. cantabrigiensis*, *O. rastrera*, *O. lindheimeri* y *O. phaeacantha* (Bravo, 1978; Elizondo *et al.*, 1987).

2.1.1 Taxonomía

En México se le llama nopal a varias especies del género “*Opuntia*” de la familia “Cactaceae” (cuadro 2.1). En el libro Cactáceas de México de Helia Bravo (1978) para los nopales presenta 2 géneros *Opuntia* y *Nopalea*. El género *Opuntia* presenta 5 subgéneros, 17 series y 104 especies. En resumen de las 104 especies de *Opuntia* y 10 de *Nopalea* se utilizan para forraje, 5 para fruta y 3 para Verdura (2 de *Opuntia* y una de *Nopalea*.)

Cuadro 2.1 clasificación taxonómica del nopal (*Opuntia spp.*) presentada por Bravo (1978).

Reino	Vegetal
Subreino	Hembriophyta
División	Hembriophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Caryophyllidae
Orden	Opuntiales
Familia	Cactaceae
Tribu	Opuntiae
Genero	Opuntia
Subgénero	Opuntia (antes <i>Platypuntia</i>)
<i>Especie</i>	<i>spp.</i>

2.1.2 Análisis bromatológico y de minerales del nopal

El Cuadro 2.2 muestra los resultados de análisis bromatológico en tejidos de diferentes especies de nopal donde es de esperarse diferencias significativas entre especies, se observan datos de seis especies donde las especies *O. rastrera* mostró el nivel más alto de materia seca (M.S.) lo cual es importante para el cálculo de las dosis o raciones para el ganado y *O. cantabrigiensis* y *O. lindehimeri* mostraron los niveles más altos de proteína cruda. Las diferencias en los análisis bromatológicos están asociados con la variación entre especies como factores

fisiológicos, factores endógenos (especie, genotipo y variedad) y ambientales, tales como suelo, fertilidad del suelo, clima y estación del año.

En el análisis de minerales se tienen pocos informes de estudios sobre contenido mineral de *Opuntia* en México. 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. En el Cuadro 2.3 se observan las medias en ppm de los macro y micro elementos, dónde se evaluó el efecto de la orientación del cladodio con respecto a su posición oriente o poniente. De los elementos analizados el Ca, Cu, Mn y Zn no alcanzaron diferencias estadísticas significativas con respecto a su posición del cladodio, sin embargo, el Fe, K y Mg si alcanzaron diferencias estadísticas. Con respecto al Fe K y Mg la posición poniente alcanzó los valores más altos del elementos siendo superiores estadísticamente a la posición oriente. La mayor acumulación de nutrimentos en los cladodios con posición poniente hace sugerir que estos elementos están relacionados con los mecanismos de captación de luz durante el día (Hernández, 2006).

Cuadro 2.2 Análisis bromatológico de diferentes géneros, especies y variedades de nopal (por ciento en base a materia seca).

Especie	MS	MO	PC	GC	FIBRA	CZ	ELN	AUTOR
<i>O. rastrera</i>	14.41	59.89	2.78	0.76	6.18	40.11	43.23	Palomo, 1963
<i>O. cantabrigiensis</i>	11.86	68.46	4.79	1.09	3.71	31.54	57.87	“
<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. ficus-indica</i> <i>var. Amarillo roro</i>	11.29	86.93	3.81	1.38	7.61	13.07	74.13	Bauer y Flores, 1969
<i>Nopalea ssp.</i>	10.69	73.79	8.92	1.51	17.21	26.21	50.7	Grifiths y Hare, 1906

Clave: MS: materia seca, MO; materia orgánica, PC; proteína cruda, GC; Grasa cruda,

CZ; cenizas ELN; extracto libre de nitrógeno

Fuente: Vázquez *et al.*, (2007)

Cuadro 2.3. Nutrientes en el cultivar Liso Forrajero para las posiciones oriente y poniente del cladodio de nopal (ppm).

Elemento	Oriente	Poniente
Fierro	29.903 ^b	41.898 ^a
Cobre	3.163	3.283
Manganeso	16.170	21.993
Zinc	7.698	8.347
Calcio	7461.1	8553.1
Magnesio	6805.2 ^b	9097.0 ^a
Potasio	28086.7 ^b	3676.5 ^a
Fosforo	328.6	364.2

^{a b} Literales diferentes en un elemento indica que hay diferencia significativa

Fuente: Vázquez *et al.*, (2007)

2.1.3 Contenido natural de agua en el nopal

El nopal es una de las principales fuentes de agua para los animales en el norte semiárido de la república mexicana. Sin embargo, la cantidad total de agua almacenada depende de la especie y la variedad. En el Cuadro 2.4 se pueden observar los valores máximos y mínimos de agua que puede alcanzar el nopal bajo condiciones favorables y desfavorables de condiciones naturales, donde el contenido de agua en el nopal es fuertemente influenciado por las condiciones ambientales de momento (Vázquez *et al.*, 2007)

Cuadro 2.4 Contenido de agua entre especies y variedades de nopal forrajero en Saltillo, Coahuila, México.

Especies	Contenido de agua (%)	
	Máxima	Mínima
<i>O. ficus indica</i> (nopal castilla)	93	88
<i>O. cantabriginesis</i> (nopal cuijo)	84	68
<i>O. lindheimeri</i> var. <i>Tricolor</i> (nopal cacanapo)	86	72
<i>O. lindheimeri</i> var. <i>Subarmata</i> (nopal cacanapo)	87	76
<i>O. imbricata</i>	84	70

(Fuente: Vázquez *et al.*, 2007)

2.1.4 Relación entre Consumo de Agua por ganado y consumo de nopal

López y Elizondo (1988), mencionan que el proporcionar agua al ganado en las épocas de sequía es un problema muy serio en zonas áridas, por un lado los animales gastan mucha energía para llegar a los aguajes, y por el otro se da una fuerte degradación a los pastizales en las áreas aledañas. En virtud de lo anterior Nefzaoui y Ben Salem (1998) en Túnez, mostraron que los animales no beben agua cuando el consumo diario de nopal es cercano a 300 g de materia seca por día. El volumen de agua que toman los animales se reduce de 2.4 litros para la dieta del testigo, a 0.1 litros cuando el nivel de nopal sin espinas es superior a 300 g de MS, inclusive dejan de beber en el nivel más alto de consumo de nopal (Figura 2.1).

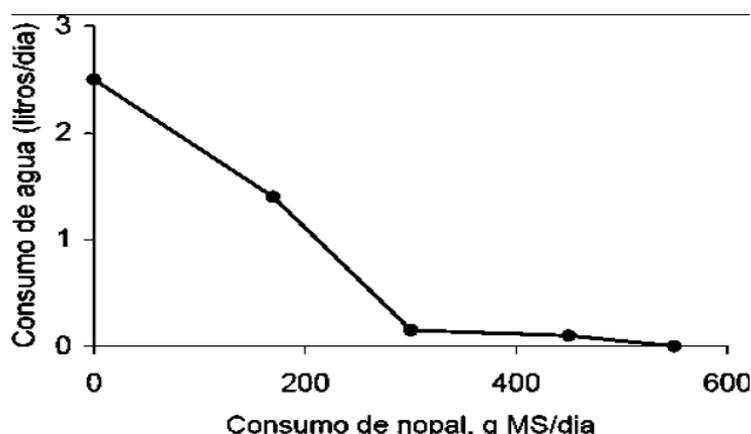


Figura 2.1 Consumo de nopal en g MS/día versus consumo de agua en litros/día (Fuente: Ben Salem *et al.*, 1996).

Los resultados de Ben Salem *et al.* (1996), fueron similares cuando se suministró nopal en combinación con otros forrajes.

2.1.5 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 su 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 2.4). 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 2.5).

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 2.6).

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 2.6), la edad del cladodio (Cuadro 2.7) 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 por ciento. La adición de levadura y urea se asoció con una digestibilidad de 76.8 por ciento.

Cuadro 2.5. Análisis bromatológico de diferentes géneros, especies y variedades de nopal (% 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. megancantha</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	"
var. Amarillo oro								
<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	" " "

Clave: MS: materia seca; MO: materia orgánica; PC: proteína cruda; GC: grasa cruda; ELN: extracto libre de nitrógeno.

(Fuente: López *et al.*, 2003)

Cuadro 2.6. 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).

Cuadro 2.7. Nutrientes digestibles en pencas de nopal de diferente tipo y edad.

Variedad	Proteína Cruda	Grasa Cruda	Fibra	E.L.N.
Epinoso				
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).

2.1.6 Producción

Nopaleras silvestres

La disponibilidad de forraje de *Opuntia* en el Norte de México depende principalmente de poblaciones silvestres, 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.

Los rendimientos varían de 25 a 125 ton/ha, dependiendo de la especie, el vigor de las plantas, el clima, la fertilidad del suelo y el sistema de manejo. Estos rendimientos asumen que el 75-80 por ciento de la masa aérea es usualmente cosechada. El período de recuperación es también significativamente dependiente de la lluvia y la intensidad de uso.

2.1.7 Los factores que influyen en el incremento del rendimiento del nopal (*Opuntia spp*) (López *et al.*, 2003).

Selección del sitio. Para producción intensiva es recomendable escoger la mejor porción de tierra en términos de condiciones de suelo. La plantación debe ser con alta densidad. Las plantaciones extensivas se sugieren solamente como ayuda para la recuperación del pastizal natural. La plantación bajo estas condiciones implica plantar a bajas densidades. Las plantaciones extensivas pueden ser establecidas en cualquier tipo de suelo.

Variedades. Es necesario contar con un amplio rango de adaptación a las condiciones locales, expresados en el vigor, sanidad y productividad. Deben ser adecuadas para la alimentación de ganado, preferentemente sin espinas o con baja densidad de ellas, palatables, sin efectos colaterales, de alto valor nutritivo, y de rápida recuperación después de la cosecha. Tolerancia a plagas y enfermedades es también deseable.

Propagación. La fuente de material para propagación debe ser de 1-4 años de edad, y colectado solamente de plantas sanas y vigorosas. Los cladodios son cortados en la base con un cuchillo afilado, el corte es desinfectado con caldo bordelés (1 kilo de sulfato de cobre, 1 kg de cal hidratada en 100 litros de agua) los cladodios se almacenan una semana en la sombra en un sitio seco. Se debe evitar el roce entre cladodios. Estas prácticas incrementan el éxito de la plantación.

Preparación del suelo. Para plantaciones extensivas, los cladodios son depositados directamente en hoyos poco profundos sin perturbar la vegetación natural. Dependiendo de la pendiente, puede ser necesario construir terrazas o microcuencas. Una vez que las plantas están bien establecidas la vegetación circundante que sombrea las plantas debe ser eliminada o podada. En sistemas de plantación intensivos, las prácticas comunes de preparación del suelo (barbecho y surcado en contorno) deben ser realizadas antes de plantar los cladodios.

Plantación. Bajo condiciones secas de primavera en la región del desierto Chihuahuense, es muy recomendable plantar después de las primeras lluvias del verano. Sin embargo, si se cuenta con agua de riego adicional la plantación puede efectuarse en cualquier momento, pero la plantación al final del otoño parece ser la mejor época, debido a que se promueve la formación de raíces previa a la brotación vegetativa.

El mejor material de plantación es incluyendo dos cladodios, enterrando el 75 por ciento del cladodio basal. Si no existe suficiente material vegetativo, se pueden usar cladodios individuales, de acuerdo a la experiencia del autor (López *et al.*, 2003) la orientación de los surcos no es importante para el desarrollo inicial de la planta.

Densidad de plantación. Usando 2.500 plantas/ha es posible producir 100 ton/ha al quinto año y 160 t/ha al séptimo año de la plantación. Si la densidad se incrementa hasta 40.000 plantas/ha. En suelo fértil y con manejo intensivo,

incluyendo fertilización y riego, el rendimiento puede alcanzar 400 ton/ha (Barrientos, 1972). Sin embargo, los rendimientos actuales en las regiones áridas de Coahuila son muy bajos, variando de 5 a 15 ton/ha.

Manejo del cultivo. El cuidado durante los dos primeros años implica solamente la eliminación de cladodios nuevos que crecen muy juntos, los cuales pueden ser usados para consumo humano (si se cosechan tiernos) o como forraje si son cladodios maduros. Aunque no es común, en algunas nopaleras se permite la producción de fruta para satisfacer las necesidades familiares o la demanda de los mercados locales. Bajo estas circunstancias, se practica una poda menos intensiva, dejando unos cuantos cladodios de un año de edad, donde se diferenciarán frutos en el siguiente año.

2.1.8 Consumo por los animales

Se estima que el ganado vacuno puede consumir de 15 a 40 kg de cladodios frescos/día/cabeza, pero bajo condiciones de sequía extrema el consumo puede alcanzar hasta 90 kg, si hay abundancia de cladodios, mientras que las ovejas y cabras consumen entre 3 y 9 kg/día. Durante la estación lluviosa, el consumo puede decrecer si existe pasto u otros forrajes.

Para ganado estabulado y ovejas, el consumo de nopal varía ampliamente (de 15 a 95 kg/día) dependiendo de la disponibilidad de otros forrajes. Los forrajes más comunes usados como complemento del nopal son: alfalfa (fresca o henificada), rastrojo de sorgo, harina de maíz o de semilla de algodón. Las fuentes de heno más comunes son el rastrojo de maíz o frijol, trigo o avena, que poseen bajo valor nutricional comparados con *Opuntia*. La demanda de nopal se incrementa día a día, particularmente durante períodos de sequía.

2.1.9 El nopal y la producción animal

La información disponible sobre el uso de *Opuntia* como alimento de ganado en explotaciones productoras de carne extensivas e intensivas así como en la producción de leche denota su importancia (Fuentes, 1966).

Producción de carne

Griffiths (1905) reportó los primeros resultados, señalando la importancia de *Opuntia* como fuente de alimento para animales domésticos. Estos hallazgos preliminares, fueron derivados de alimentar bovinos para carne, fueron basados en un estudio de 15 semanas:

- La harina de maíz + *Opuntia* es mejor que el grano de maíz+ mezcla de *Opuntia*
- El consumo promedio por animal fue de 48 kg
- La ganancia de peso diaria fue de 0.85 kg
- Se requirieron 55 kg de *Opuntia* combinados con 2.5 kg de harina de maíz para producir 1 kg de carne

Experiencias reportadas de Brasil concluyen que el 60 por ciento del requerimiento total de energía podrían ser suministrados por *Opuntia*. Aumentando la proporción de proteína (de harina de maíz y *mamona* (*Melicocus bijugatus*) o proveyendo melaza no incrementó la ganancia de peso de los animales de razas Cebú, Indobrasil, y Guzerat (Viana, 1965). La diarrea causada por el exceso de *Opuntia* fue controlada exitosamente proveyendo paja de sorgo a una dosis de 0.75 kg a 1.3 kg/día/animal.

En un estudio conducido por Fuentes (1991) en siete sitios de Coahuila, 685 animales en libre pastoreo y suplementados con rastrojo de maíz, melaza y urea fueron alimentados también con 10 a 20 kg de nopal chamuscado. La ganancia diaria de peso varió de 0.1 a 0.6 kg. *Opuntia* proveyó 7.8 por ciento de la energía

total de mantenimiento, 20.6 por ciento de la proteína, 50 por ciento del fósforo y 100 por ciento de los requerimientos del calcio recomendados por el NRC (1984).

Estos resultados apoyan la importancia de incluir *Opuntia* en la dieta de los animales domésticos, basados en experimentos combinando especies, condiciones locales y sus interacciones correspondientes.

Producción de leche

Desde los inicios del siglo XX, la mayoría de las áreas suburbanas del norte de México proveían de leche a las grandes ciudades, y es una práctica común la inclusión de *Opuntia* en la dieta regular de las vacas lecheras. Existe la creencia de que la suplementación con *Opuntia* incrementa no solo la producción de leche, sino que mejora la calidad de la mantequilla en términos de consistencia, y vida de almacén, así como también propicia un atractivo color “dorado” al producto final (D’Arces, 1941; Aguilar, 1946; Blanco, 1958; Calvino, 1952; González *et al.*, 1998).

Por el contrario, González *et al.*, (1998) reportó que la producción de leche de vacas Holstein decreció con el incremento de *Opuntia* en la dieta. Por lo que recomiendan usarlo solamente del 20 al 30 por ciento (en base seca) y suplementar con heno de alfalfa, avena o sorgo para obtener un balance positivo entre los costos de producción y las ganancias.

El consumo diario de *Opuntia* en el sur de Coahuila (Fuentes, 1991) y Nuevo León (Fuentes, 1992), oscila entre 20-30 y 25-40 kg/cabeza, respectivamente. Se ha estimado que en tales condiciones *Opuntia* provee el 4.5 por ciento de la energía total requerida para lactancia, 12.2 por ciento de las proteínas, 46 por ciento de la fibra cruda, 15 por ciento del fósforo y 100 por ciento del calcio comparado con los requerimientos recomendados (NRC, 1984).

Ovejas

Bajo el sistema de libre pastoreo en el campo, las ovejas consumen menos *Opuntia* que las cabras, el consumo alcanza aproximadamente 3-5 kg/día.

Otros estudios llevados a cabo fuera de México reportan que bovinos alimentados durante 400 días sin beber agua, no mostraron efectos colaterales serios (Rossouw *et al.*, 1961). Aunque en Sudáfrica los informes indican hasta 525 días (Harvard, 1969; Terblanche *et al.*, 1971). Aunque no hay incremento de peso, los animales pueden ser salvados de la inanición.

El consumo de *Opuntia* por ovejas es asociado con mejoramiento de la calidad de la lana, atribuido al incremento del contenido de lanolina, tal como lo reporta Ríos (1954) y Revuelta (1963). El efecto fue observado con un consumo diario de 7 kg/ animal en Tamaulipas y Nuevo León (Ríos, 1954) y hasta 9-10 kilos en otras regiones (De Klerk, 1960).

Usando un modelo de regresión lineal, Flores (1977), predijo un incremento de 2 a 3 veces en peso corporal de ovejas alimentadas con *Opuntia* y suplementadas con heno de alfalfa, remolacha, y maíz ensilado para ovejas de 32 kilos de peso.

Terblanche *et al.* (1971) estudió la influencia de una dieta basada exclusivamente en *Opuntia* sobre el peso de borregos Merino usando nopal fresco (10 por ciento de MS), seco (27 por ciento de MS) y cladodios deshidratados (87.9 por ciento de MS). Este último tratamiento resultó la mejor opción

Otros animales

En el Norte de México las cabras pastorean libremente y se alimentan con *Opuntia* todo el año, pero consumen más este cacto desde fines del otoño hasta el final de la primavera. El consumo diario varía de 3 a 9 kilos en el campo, pero se incrementa hasta 11 kg cuando son estabuladas (López *et al.*, 2003)

El pastoreo abierto, el chamuscado *in situ*, y la recolección de cladodios son los métodos de uso de *Opuntia* para el caso de bovinos.

Las especies más usadas en el Norte de México para alimentar cabras incluyen: *O. leucotricha*, *O. streptacantha*, *O. robusta*, *O. cantabrigiensis*, *O. rastrera*, *O. lindheimeri*, *O. imbricata*, *O. microdasys* y *O. leptocaulis*. Todas estas especies usadas como forraje presentan espinas abundantes, las cuales son duras y largas y poseen abundantes gloquidios (ahuates), los cuales causan serios problemas en los ojos y boca de los animales domésticos que se alimentan con ellos. *Opuntia* es extremadamente importante para la fauna silvestre, probablemente más que para los animales domésticos, soportando la rica fauna del desierto Chihuahuense. (López *et al.*, 2003)

La cabra doméstica (*Capra hircus* L.) normalmente muestra el comportamiento de forrajeo oportunista y flexible (Lu, 1988), que le confiere la capacidad de adaptación frente a la variable de las condiciones ecológicas (Genin y Pijoan, 1993). Cabras domésticas son los animales más comúnmente criados en las zonas donde las características de los forrajes disponibles son inadecuadas para la producción de otro tipo de ganado (Lu, 1988). Este es el caso en muchas zonas subtropicales áridas y semiáridas del mundo (Devendrá, 1981; Shankarnarayan *et al.*, 1985; Oba y Post, 1999), en el que la cantidad y calidad de los pastos naturales se somete a la reducción drástica durante la estación seca (Echavarría *et al.*, 2006). Aunque las cabras domésticas son capaces de sobrevivir a esta disminución de pastos naturales, las condiciones que éstas imponen una restricción significativa de la productividad (Pfister y Malechek, 1986; Kronberg y Malechek, 1997). Durante la estación seca, los pastos desaparecen y la mayoría de los árboles y arbustos pierden sus hojas, y la consecuente escasez de forraje obliga a los animales a consumir una mayor cantidad de especies menos apetecibles (Dumont *et al.*, 1995; Posse *et al.*, 1996). Esta dieta reduce su peso vivo y aumento de la mortalidad durante la estación seca. Mayor mortalidad se produce no sólo por la falta de forraje, sino también debido a la mayor ingesta de toxinas (Pfister y Malechek, 1986; Papachristou y Nastis, 1993, Kronberg y

Malechek, 1997). Por otra parte, las cabras tienen necesidad de gastar más tiempo y energía en la búsqueda de alimentos durante la estación seca (Cissé *et al.*, 2002).

Suplementación de la dieta durante el período de escasez puede ayudar a los agricultores para mejorar la productividad de cabra (Galina *et al.*, 1998; Morales *et al.*, 2000). Sin embargo, la crítica situación económica de los agricultores marginales en los países en desarrollo a menudo hace que sea imposible para ellos pagar suplementos comerciales, haciendo necesario el uso de los recursos naturales locales en su lugar (Baraza *et al.*, 2008). Muchos estudios han evaluado el uso de diferentes plantas, fresca o ensilada, para la suplementación de los animales (Mannetje, 1999; Degen *et al.*, 2000; Çürek y Özen, 2004; Mahgoub *et al.*, 2005; Pinos-Rodríguez *et al.*, 2006; 2009). La mayoría de estos estudios se centraron en la evaluación de la calidad de los recursos naturales como forraje para los animales domésticos, y concluyó que el recurso de estudio representa un complemento alimenticio adecuado en términos de productividad de la ganadería (Degen *et al.*, 2000; Çürek y Özen, 2004; Mahgoub *et al.*, 2005; Pinos-Rodríguez *et al.*, 2006; 2009). Sin embargo, los estudios de cómo los agricultores asimilan el uso de estos nuevos elementos en su producción ganadera son escasos. La adopción por los agricultores marginales, de las tecnologías desarrolladas para el ganado y los investigadores de forraje es complejo: esto se debe en parte a la distancia cultural entre investigadores y agricultores, sino también por la inversión económica. Un enfoque participativo para el desarrollo de la tecnología puede ayudar a asegurar que las nuevas tecnologías son más apropiadas a las necesidades y circunstancias de los agricultores marginales, mientras que el uso de los recursos disponibles a nivel local puede aumentar la probabilidad de adopción (Conroy *et al.*, 2002

2.2. Métodos de conservación de forrajes

2.2.1. Ensilaje

La producción de ensilaje es un método alternativo para la conservación de forraje fresco para su uso durante futuros períodos de escasez de alimentos. Por otra parte, tiene potencial como una forma de obtener recursos de bajo costo de alimentos adecuados para el mantenimiento de la ganadería en las zonas tropicales (Mannetje, 1999). El nopal (varias especies del género *Opuntia*) es considerado un alimento bueno (fresco o como ensilaje) para el ganado cuando se combina con otros alimentos ricos en proteína y materia seca (Çürek y Özen, 2004).

La fermentación anaeróbica de residuos orgánicos (producción de ensilaje) es un método comúnmente utilizado para la preservación de sus nutrientes (Kung, 2000; Rees 1997; McDonald, 1981). El ensilaje es una técnica de conservación de forrajes preservados por la acción de ácidos orgánicos (principalmente el ácido láctico) los cuales son producidos por microorganismos en ambientes anaeróbicos (Woorlford, 1984) para que una fermentación sea efectiva requiere una proporción de materia seca adecuada (aproximadamente un 40%), ya que el exceso de materia seca dificulta la compactación del material y por lo tanto la exclusión del oxígeno. Otras condiciones son un medio acuoso óptimo para el crecimiento de bacterias productoras de ácido láctico (BAL) deseables (Kung, 2000); y un contenido mínimo entre el 6 y 8% de carbohidratos solubles, los cuales sirven de fuente de energía para las BAL durante el proceso de fermentación (McDonald 1981).

Casi todos los cultivos pueden conservarse mediante el ensilado, aunque lo más habituales son las gramíneas, leguminosas, plantas de cereales enteras (especialmente el maíz) y los residuos industriales, este tipo de ingredientes se refieren aquellos subproductos de las industrias procesadoras de cereales, semillas oleaginosas, azúcar, mieles cerveza y alcohol, frutas, etc. (Bernal, 1991)

Las pérdidas del ensilaje se presentan por varios factores. Hay algunos que se detectan fácilmente como son los bordes del ensilado (parte superior y laterales) pero también hay otro tipo de pérdidas como las que se dan por respiración u oxígeno del forraje se aumenta la temperatura; las pérdidas por fermentación, que son cuando la fermentación se detiene antes de que se haya producido el suficiente ácido láctico y los microorganismos presentes en el ensilaje se consumen sus nutrientes. Además de estas también se presentan pérdidas por efluentes, por lavado ocasionado por las lluvias y por proliferación de hongos (Bernal, 1991).

2.2.2 Ventajas del ensilaje (Hiriart, 1998)

- Es una reserva para épocas de escasez, lo que implica ensilar hierba o cultivos bajo condiciones óptimas y almacenarlos por periodos largos.
- Permite aumentar la productividad como empleo tradicional del ensilaje para aumentar la reserva de alimento del ganado. la duración del ensilado depende de que tan bien se pudiera haber realizado el trabajo de ensilado, el mismo puede durar desde 1 año hasta 5 años.
- Permite el manejo de cultivos forrajeros y agrícolas donde la cosecha de forraje para ensilar facilita otras prácticas de manejo. Por ejemplo la mayor densidad de tallos y producción de forrajes para ensilarlos al comienzo de la temporada cuando ocurre el exceso de producción vegetativa lo que permite sembrar el cultivo sucesivo más temprano.
- Se usan mejor los excedentes de producción; este exceso, en general, es considerado un desperdicio y el ensilaje sirve para almacenar el excedente y evitar pérdidas por efecto de madurez o deterioro *in situ*.

- Permite equilibrar el contenido de nutrientes de la dieta, el ensilaje permite suplir nutrientes en periodos en que la ración estacional muestra deficiencias. Por ejemplo, combinando el uso de ensilaje que tenga distintos valores de contenido en fibra.
- Para permitir el almacenaje de alimentos muy perecederos ya que el proceso del ensilaje permite conservarlos por un largo periodo.
- El ensilado es muy apetecido por el ganado.

2.2.3 Desventajas del ensilaje (Hiriart, 1998)

- Constituye un proceso más caro que la henificación.
- Requiere del uso de aditivos para su elaboración, como la melaza.
- Las pérdidas pueden ser muy grandes cuando no se realiza en forma adecuada.
- No existe posibilidad alguna de poder transportar a grandes distancias el material ensilado.
- Cuando se ensila gran cantidad es voluminoso y difícil de manejar.
- Se debe suministrar rápidamente después de retirado del silo, ya que si no se pudre rápidamente.
- Se debe tener cuidado para protegerlo del sol y del agua.

2.2.4 Tipos de silos

Según Bernal (1991) los silos son cavidades abiertas en el suelo o un depósito cerrado o descubierto edificado sobre el suelo, que también puede ser un montón de productos colocados sobre el nivel del terreno. El tipo de silo a utilizar lo determina el agricultor según sus necesidades, ya que todos los tipos de silos, tiene sus ventajas e inconvenientes. Independiente del tipo de silo que se escoja,

ya que con la superficies con las que va a entrar en contacto el forraje estén limpias.

- Silo Vertical o Aéreo

En costa su construcción, pero es el que conserva en mejor estado el material o forraje. Es una construcción cilíndrica, tipo torre y tiene que soportar fuertes presiones. Su inconveniente es que para el llenado requiere de una picadora con mayor presión.

- Silo Trinchera

Se construye bajo el nivel del suelo y pueden presentar pérdidas adicionales por filtración de humedad, también se les denomina silos de foso o pozo y silos de zanja, como su nombre lo indica es una trinchera, porque se abre en el suelo un hueco largo no muy profundo con paredes inclinadas afuera y lisas. Se pueden localizar en terrenos de relieve inclinado, ojala cerca al establo y no muy lejos de los lotes del pasto que se quiere ensilar, en terrenos arenosos y pedregosos no son aconsejables.

- Silos Bunker

Son aquellos que se construyen sobre el nivel del suelo, cuyas paredes y piso pueden ser de concreto o cualquier material de la región. También se les llama silos horizontales.

- Silos de Montón

Son aquellos que no tienen paredes, se les llama también silo de pila, en esta clase de silo se amontona el forraje picado y se tapa. Es un silo muy económico pero presenta altos porcentajes de pérdidas. Los silos horizontales (bunker y montón) deben construirse en sitios de piso firme, incluir en sus costos la adquisición de un plástico calibre 7 u 8 para proteger la masa forrajera del contacto con el suelo, aire, sol y agua, y además protegerlos de la entrada de animales.

- Silo de Bolsa

Se les conoce también como microsilos, presentan pérdidas reducidas y facilitan las labores de alimentación, almacenamiento y transporte; pueden utilizarse bolsas con capacidad para 50 o 60 kg., el calibre del plástico de estas bolsas debe ser de 7 u 8. Es una práctica muy utilizada para el pequeño productor, especialmente para lecherías donde son pocas las áreas sembradas en pastos y existan bancos de proteína. Para proteger la bolsa es necesario introducir esta en bolsas de polipropileno (empaques de abonos y concentrados).

- Silos en Canecas y Tanques

Son aquellos donde se utilizan canecas plásticas con capacidad para 200 lts. Y tanques de 500 y 1000 lts., son económicos (una sola inversión) y facilita el llenado y apisonado del forraje, son novedosos y puede resultar una buena alternativa para el pequeño productor.

- Silo de Pastel

Para la realización de este tipo de silos no se requiere de la construcción de paredes, consiste en que sobre una superficie firme se deposite el material a ensilar, el cual se compacta capa por capas hasta eliminar la mayor cantidad posible de oxígeno, al final se cubre totalmente con bolsas de plástico y una capa de tierra para impedir entradas de aire. Este tipo de silo no tiene problemas para conservar el material ensilado.

2.2.5 La microflora del ensilaje

Al igual que en la producción de forrajes conservados en forma de ensilaje, durante la fermentación de los residuos orgánicos es necesaria la presencia de ciertos microorganismos en el material a fermentar. La microflora asociada con el proceso fermentativo se clasifica en microorganismos deseables (Woolford, 1984 McDonald, 1981) las bacterias productoras de ácido láctico (BAL) constituyen el

grupo de microorganismos deseados ya que tiene la habilidad de fermentar carbohidratos hidrosolubles (CHS) generando como principal producto el ácido láctico, ácido orgánico que más contribuye a la preservación del material (Merry *et al.*, 1997).

2.2.6 El proceso del ensilaje

Las bacterias epifíticas de ácido láctico (BAL) fermentan los carbohidratos hidrosolubles (CHS) del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético. Al generarse estos ácidos, el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. Una vez que el material fresco ha sido almacenado, compactado y cubierto para excluir el aire, el proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas (Weinberg y Muck, 1996; Merry *et al.*, 1997).

Fase 1 - Fase aeróbica. En esta fase dura sólo pocas horas el oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los materiales vegetales y a los microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos como las levaduras y las enterobacterias. Además hay una actividad importante de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las amilasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6,5-6,0).

Fase 2 - Fase de fermentación. Esta fase comienza al producirse un ambiente anaeróbico. Dura de varios días hasta varias semanas, dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población predominante. A causa de la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0.

Fase 3 - Fase estable. Mientras se mantenga un ambiente anaerobio, ocurren pocos cambios. La mayoría de los microorganismos de la Fase 2 lentamente

reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas y amilasas, y microorganismos especializados, como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo. Más adelante se discutirá la actividad de *L. buchneri*.

Fase 4 - Fase de deterioro aeróbico. Esta fase comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilaje con el oxígeno. Esto es inevitable cuando se requiere extraer y distribuir el ensilaje, pero puede ocurrir antes de iniciar la explotación por daño de la cobertura del silo (p. ej: roedores o pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto induce un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos -también facultativos- como mohos y enterobacterias. El deterioro aeróbico ocurre en casi todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire. Sin embargo, la tasa de deterioro depende de la concentración y de la actividad de los organismos que causan este deterioro en el ensilaje. Las pérdidas por deterioro que oscilan entre 1,5 y 4,5 % de materia seca diarias pueden ser observadas en áreas afectadas. Estas pérdidas son similares a las que pueden ocurrir en silos herméticamente cerrados y durante períodos de almacenaje de varios meses (Honig y Woolford, 1980).

2.2.7 pH y temperatura

Cuanto mayor es la cantidad de aire presente mayor es la temperatura resultante. Para favorecer el tipo de fermentación láctica debe lograrse una temperatura de 26.5 a 37.5° C. Gross (1969), afirma que cuando la temperatura en el silo es superior a 40°C, pasan a predominar las bacterias butíricas (desdoblan el azúcar pero también el ácido ya formado), con el pH se eleva por encima de 5 y mueren las bacterias ácido lácticas.

Las bajas temperaturas se asocian a veces con los cambios de putrefacción, mientras que las temperaturas altas que destruyen gran proporción de carbohidratos y reducen notablemente la digestibilidad de las proteínas que significan pérdidas en el valor alimenticio (Watson y Smith, 1984).

La acidez tiene tanta importancia como la temperatura. Para obtener un ensilaje de buena calidad es necesario que la acidez del material no sea superior a la de un pH de 4.5. Este evita acción de las bacterias de la putrefacción y mantiene el forraje en buen estado para el consumo (Watson y Smith, 1984).

Con un pH menor (existe mayor acidez), menor será la cantidad de ácido butírico y mayor la cantidad de ácido acético. A medida que el pH aumenta y sobre pasa el valor de 4.5 la cantidad de ácido láctico disminuye y aumenta la cantidad de ácido butírico, la presencia de este es una indicación segura que ha ocurrido alguna putrefacción de las proteínas (Watson y Smith, 1984).

2.2.8 características y evaluación del ensilaje

Existen características físicas y químicas que determinan la calidad nutricional del ensilaje. Los ensilajes se pueden evaluar cualitativamente mediante indicadores (Wilkins, 1976), como son:

- Color: verde amarillento (de buena a excelente calidad), marrón oscuro (Mala calidad).

- Olor: agradable o de vinagre
- Textura: Firme
- Acidez: Gusto ácido típico, pH de 4.2 o menos.

Las fallas durante el tapado del silo hacen que la capa superficial de la masa forrajera presente una fermentación indeseable y/o putrefacción del material (fermentación butírica), por la presencia de aire y agua, razón por la cual la capa adquiere un color negro y un olor desagradable, lo cual hace que los animales lo rechacen

2.2.9 Aditivos para ensilaje

Existen en el mercado un gran número de aditivos, sin embargo solo se mencionan los más utilizados (Jonsson, et al., 1990).

Estimulantes de fermentación

La función de estos aditivos es promover y ayudar a que se presenten las condiciones adecuadas para que ocurra la fermentación. Entre estos se encuentran:

Melaza

La melaza contiene altas cantidades de azúcar por lo cual tiene alto valor energético. Además se utilizan por su sabor dulce y ayuda a que los ingredientes se asienten y no existan la presencia de polvos (Ávila *et al.*, 1990). Es una de las fuentes de carbohidratos más utilizadas y efectivas por su contenido de azúcares solubles, que promueven un rápido desarrollo de las bacterias (Peñagarico *et al.*, 1975).

Nitrógeno no proteico

Se utiliza para incrementar el contenido de proteína cruda del ensilado. El nitrógeno no proteico puede ser usado por los microorganismos rumiantes para producir proteína verdadera en el rumen del animal. Si se usa urea (43 % N) se

adiciona 5 kg/t, tiene un efecto en amortiguar el pH resultando un mayor contenido de lácticos, debido a una actividad más prolongada de las bacterias lácticas y es más disponible que los demás compuestos que contienen nitrógeno.

Inhibidores de la fermentación

Los aditivos usados para esta finalidad tiene la propiedad de disminuir el pH, inhibiendo el crecimiento y acción de las bacterias evitando así que ocurra la fermentación aeróbica del ensilaje (Jonsson *et al.*, 1990). Entre estos se encuentra

- Ácido propiónico: ha sido utilizado para prevenir la fermentación aeróbica del ensilado una vez que es sacado del silo. Reducen las pérdidas por fermentación y es utilizado por el animal como fuentes de energía. Se aplican a un nivel de 0.5 a 1.5 %
- Se utilizan también ácidos minerales como el sulfúrico, clorhídrico, fosfórico, con el fin de reducir el pH drásticamente e inhibir cualquier crecimiento bacteriano, sin embargo, son muy pocos usados ya que estos son corrosivos y caros

Existen además, aditivos que ayudan a preservar el ensilaje y a inhibir la actividad de los microorganismos que ocasionan fermentaciones indeseables, dentro de este grupo están los antibióticos, sal y esterilizantes (Ensminger *et al.*, 1990).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del Área de Estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la unidad caprina de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN) ubicada en Buenavista Saltillo, Coahuila, México, que se encuentra entre las coordenadas 25°22' de latitud N y 101° 01' de longitud W con una altitud de 1742msnm, temperatura promedio de 16 y 17°C y precipitación media anual de 417 mm (Cantú *et al.*, 2007).

3.2 Tratamientos

Para la realización de este estudio se utilizaron un total de 30 cabras de las razas Bóer, Granadina y cruce (Bóer-Granadina), con un peso inicial promedio de 40 kg, las cuales se agruparon en 2 tratamientos (n=15) con 5 cabras de cada raza, dicho tratamiento se describe a continuación:

- Tratamiento 1: testigo (Ensilado de Maíz, Heno de Triticale)
- Tratamiento 2: (Ensilado de Maíz, Heno de Triticale, 0.325 kg de silo nopal *Opuntia spp.*)

3.3 Recolección de nopal (*Opuntia spp.*)

- ❖ La recolección del nopal se realizó en diferentes puntos de los terrenos de la universidad, donde se recolectó un total de 4 toneladas.
- ❖ El nopal se transportó en pencas hasta el terreno elegido para hacer el silo, una vez ahí fue picado en trozos pequeños con la finalidad una compactación de buena calidad.

3.4. Elaboración del silo

Se buscó el terreno ideal para la elaboración del mismo en una parte donde el terreno es plano y en el cual no se tuvieran problemas por lluvias; este se limpió y acondiciono para su utilización

- ❖ Después de la localizado el terreno se realizaron medidas de tal forma que el silo fue en forma de un cubo con una rampa para el escurrimiento del agua, las medidas de silo son: 2 m de ancho x 3 m de largo con una profundidad de 1.5m de un lado y del otro sin profundidad de modo que quedar una rampa.
- ❖ Una vez realizado los trabajos de excavación del silo y recolectado el nopal se realizó el llenado del silo, este fue en etapas conforme se fuera picando el nopal y una vez picado el nopal y buceado al silo se le agregaba la mezcla de melaza y urea.
- ❖ Para el pesaje del nopal se utilizó una báscula de 5 toneladas y para la melaza y urea una báscula de 20 kg
- ❖ Ya que todo el nopal fue ensilado y mezclado con la malaza y urea se realizó el tapado del mismo, con plástico de invernadero en lo largo y ancho de nopal después se le agrego tierra del mismo terreno con la finalidad de evitar la entrada del aire y por consiguiente un mejor tapado del silo.
- ❖ El tiempo en que se dejó fermentar el ensilaje fue de 30 días comprendido del día 1 de marzo al 30 de marzo del 2011.

3.5 Consumo de silo de nopal

- El periodo de adaptación de las cabras a la alimentación con ensilado de nopal (*Opuntia spp.*) fue de 15 días
- Periodo experimental fue de 50 días comprendido del 15 de abril al 4 de junio del 2011. Tomando el peso cada 15 días en cada grupo racial por tratamiento.
- Con un consumo de 0.325 gr de silo de nopal por animal. Este fue ofrecido por la mañana en conjunto con el silo de maíz y heno de triticale.

3.6 Análisis estadístico

Diseño en Bloques al Azar (Hicks, 1973). Todos los procedimientos matemáticos se desarrollaron con la versión 9 del paquete computacional Statistix® (2007).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis bromatológico

La determinación del análisis bromatológico (Cuadro 4.1) de cada uno de los ingredientes utilizados en la alimentación de las cabras, fueron realizadas de acuerdo a las técnicas propuestas por la A.O.A.C. (1980), donde se obtuvo el contenido de Materia Seca, Proteína Cruda, Fibra Cruda, Cenizas, Extracto Etéreo, Extracto Libre de Nitrógeno.

Cuadro 4.1 Análisis Bromatológico de los ingredientes que componen la ración diaria de las cabras en experimento

INGREDIENTES	M.S (%)	P.C (%)	F.C (%)	C.Z (%)	E.E. (%)	E.L.N (%)
Silo Maíz	94.21	15.73	31.31	11.66	2.71	38.59
Heno Triticale	22.00	16.22	26.68	10.20	3.05	43.85
Silo de Nopal	11.36	6.93	24.37	36.45	2.23	30.32

4.2 Composición de las raciones proporcionadas a T1 Y T2 calculadas en base a MS

Cuadro 4.2 Composición de la ración diaria en base a materia seca (Kg).

Concepto	T1	T2
Silo de Maíz	0.334	0.334
Heno de Triticale	0.528	0.528
Silo de Nopal	0.000	0.325
Total	0.862	1.197

4.3 Contenido nutricional de la ración (%)

En los Cuadros 4.3 y 4.4 se muestran los contenidos nutricionales de las raciones de T1 y T2 donde se puede apreciar que mantiene el mismo contenido de MS un 61.0 % y un pequeño incremento en la proteína en donde el T1 muestra 16.8% y el T2 muestra 17.1% de proteína lo que indica que aumentó debido a la adición de urea.

Cuadro 4.3 Contenido Nutricional de la ración T1 (%).

T1	MS (%)	P.C (%)	F.C (%)	E.E (%)	CZ (%)	E.L.N (%)
SM	11.61	8.31	16.53	1.43	6.16	20.38
HT	49.69	8.56	14.07	1.61	5.38	23.13
TOTAL	61.31	16.87	30.61	3.02	11.53	43.51

Cuadro 4.4 Contenido nutricional de la ración T2 (%).

T2	MS (%)	P.C (%)	F.C (%)	E.E (%)	CZ (%)	E.L.N (%)
SM	11.62	8.37	16.53	1.43	6.16	20.38
HT	49.69	8.56	14.07	1.61	5.38	23.13
SN	0.41	0.250	0.881	0.081	1.32	1.10
TOTAL	61.72	17.12	31.49	3.12	12.86	44.60

4.4 influencia de la suplementación entre las diferentes cargas genéticas

En el Cuadro 4.5 se muestran los resultados obtenidos en la ganancia de peso con la influencia del ensilado de nopal en las tres diferentes cargas genéticas, donde se muestran que no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) entre razas con el tratamiento pero sí una marcada diferencia ($P < 0.05$) entre los animales en tratamiento y los que fungieron como testigos. La figura 4.1 muestra que no hubo significancia entre las cargas genéticas que se utilizaron en el experimento con un EEM de 3.053 y ($P < 0.01$) y una ganancia diaria en promedio de 109.07 g/día, entre las tres razas alimentadas con ensilado de nopal. No se encontraron resultados de trabajos donde se ponga a prueba las cargas genéticas como una variante en la ganancia de peso con algún suplemento alimenticio.

En un estudio conducido por Fuentes (1991) en siete sitios de Coahuila, 685 animales en libre pastoreo y suplementados con rastrojo de maíz, melaza y urea fueron alimentados también con 10 a 20 kg de nopal chamuscado. La ganancia diaria de peso varió de 0.1 a 0.6 kg. *Opuntia* proveyó 7.8 por ciento de la energía total de mantenimiento, 20.6 por ciento de la proteína, 50 por ciento del fósforo y 100 por ciento de los requerimientos del calcio recomendados por el NRC (1984).

Estos resultados apoyan la importancia de incluir *Opuntia* en la dieta de los animales domésticos, basados en experimentos combinando especies, condiciones locales y sus interacciones correspondientes

Cuadro 4.5 Influencia de la suplementación con ensilado de nopal en la ganancia de peso de cabras con diferente carga génica.

Variables	Tratamientos						EEM ¹	Valor de P
	Testigo			Ensilado de nopal ²				
	Bóer	Granadina	Cruzas	Bóer	Granadina	Cruzas		
Animales, n	5	5	5	5	5	5		
Días en prueba	50	50	50	50	50	50		
Peso inicial, kg	40.40 _{abc}	35.20 ^c	43.10 _{ab}	38.36 _{bc}	37.52 ^{bc}	44.84 ^a	1.302	0.05
Peso final, kg	42.98 _{bc}	37.5 ^c	45.80 _{ab}	43.64 ^b	43.44 ^b	50.00 ^a	1.321	0.05
Peso ganado en la prueba, kg	2.58 ^b	2.70 ^b	2.30 ^b	5.28 ^a	5.92 ^a	5.16 ^a	0.152	< 0.01
Ganancia diaria de peso, g/día	51.60 _b	54.00 ^b	46.00 ^b	105.60 _a	118.40 ^a	103.20 _a	3.053	< 0.01

¹ Error estándar de la media

² A cada animal se le ofrecieron diariamente 0.325 g. de ensilado de nopal en base a materia seca adicionado con melaza y urea.

^{abc} Literales distintas en un mismo renglón indican diferencia estadística al nivel de alfa señalado en la columna del Valor de P

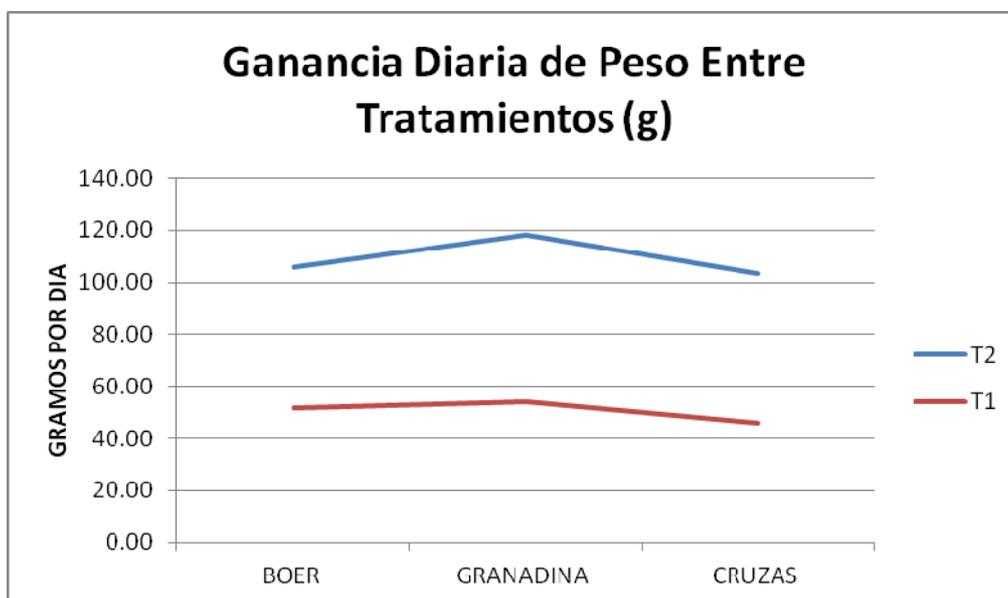


Figura 4.1 Influencia de ensilado de nopal entre las diferentes cargas genéticas con respecto a la ganancia diaria de peso (g)

4.5 Influencia de la suplementación con ensilado de nopal en la ganancia de peso en cabras.

En el Cuadro 4.6 y Figura 4.2 se muestra una marcada significancia entre los tratamientos y los testigos donde se observa una ganancia de peso de 58.5 g/día con un 115% en relación al testigo ($P < 0.01$). Sin que las razas hayan modificado ($P > 0.20$) la respuesta de los animales a la suplementación del silo de nopal. Estos resultados fueron superiores a los mostrados por Riveros *et al.*, (1990), en la zona semi-árida de Santiago (Chile), donde estudiaron el efecto de cambiar el heno de alfalfa por cladodios de *Opuntia* sobre el peso y consumo de agua en ovejas durante dos meses, se utilizaron 20 ovejas entre 6 y 7 años de edad, los resultados mostraron que el peso mostró pequeñas variaciones semanales ($P < 0.05$).

Otro estudio realizado por la Unión Ganadera Regional de Guanajuato y el Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (Verver *et al.*, 2007), muestra que no hubo significancia en el experimento realizado con ovinos donde un grupo testigo inicio con un peso promedio de 40.5 kg de PV y finaliza con 61.1 Kg de PV, manteniendo una ganancia diaria de 0.352 kg mientras que para el otro grupo inicio con un peso de 40.2 kg y finalizó con un peso de 59.3 kg obteniendo una ganancia de 0.318kg lo que muestra que no es significativo el tratamiento con ensilado de nopal.

Cabe mencionar que es posible que la ganancia de peso reportada tenga una influencia en el manejo que se les dio a las cabras en tratamiento ya que estas estuvieron en confinamiento y gracias a eso se llevó un control de la alimentación y en caso de las testigos no se pudo llevar el mismo control debido a las condiciones del área caprina.

Cuadro 4.6. Influencia de la suplementación con ensilado de nopal en la ganancia de peso de cabras.

Variables	Tratamientos		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Testigo	Ensilado de nopal ²		
Animales, n	15	15		
Días en prueba	50	50		
Peso inicial, kg	39.567	40.240	0.749	0.53
Peso final, kg	42.093 ^b	45.693 ^a	0.763	< 0.01
Peso ganado en la prueba, kg	2.527 ^b	5.453 ^a	0.088	< 0.01
Ganancia diaria de peso, g/día	50.53 ^b	109.07 ^a	1.763	< 0.01

¹ Error estándar de la media

² A cada animal se le ofrecieron diariamente 0.325 g. de ensilado de nopal adicionado con melaza y urea

^{ab} Literales distintas en un mismo renglón indican diferencia estadística al nivel de alfa señalado en la columna del Valor de *P*

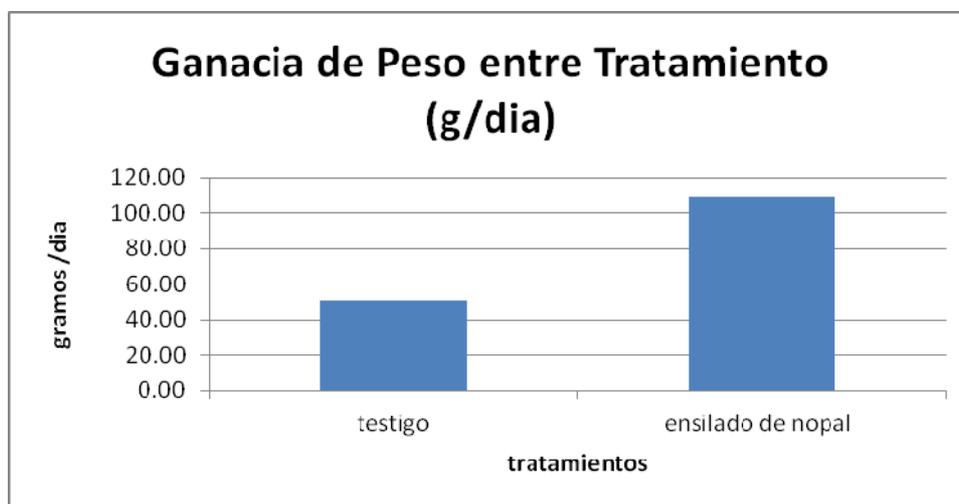


Figura 4.2 Influencia de ensilado de nopal con respecto a ganancia de peso entre los tratamientos (g).

4.6 Influencia de la suplementación de ensilado de nopal en la ganancia de peso entre las razas de cabras en tratamiento.

En el Cuadro 4.7 y Figura 4.3 se muestra la influencia de las razas con respecto a la ganancia de peso donde muestra que hay una pequeña significancia en la ganancia de peso de la raza Granadina con 82.20 g/día con respecto a las razas Bóer y cruzas ($P < 0.41$), aunque las cabras cruzadas tuvieron un peso inicial y peso final mayor ($P < 0.01$) que las Bóer y Granadinas, sin embargo la raza no influyó ($P > 0.40$) en la ganancia diaria de peso. La suplementación diaria de 0.325 kg/MS de ensilado de nopal, incrementó la ganancia diaria de peso ($P < 0.01$), sin que la raza haya modificado ($P > 0.20$) la respuesta de los animales a la suplementación de ensilado de nopal. Similares resultados han sido reportados por Aranda *et al.*, (2008) al incluir diferentes niveles de materia seca de nopal en dietas para borregos Corriedale/criollos. Al no existir diferencias estadísticas en ganancia diaria de peso entre tratamientos en la presente investigación donde se sugiere que incluir el nopal a un nivel de 17% de MS en dietas de corderos en finalización, representa beneficios al productor ya que incluso se obtiene mayor ganancia de peso a lo observado por Ben Salem *et al.*, (2005). Tien y Beynen (2005) y Degu *et al.*, (2009) quienes reportan ganancia promedio de 0.138, 0.537 y 0.100 kg/día para ovinos de la razas Barbarine, Vietnamesee y Tigray Highland, respectivamente, con dietas a base de nopal.

Cuadro 4.7 Influencia de la raza en la ganancia de peso de cabras.

Variables	Raza			EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Bóer	Granadina	Cruzas		
Animales, n	10	10	10		
Días en prueba	50	50	50		
Peso inicial, kg	39.38 ^b	36.36 ^b	43.97 ^a	0.918	< 0.01
Peso final, kg	43.31 ^b	40.47 ^b	47.90 ^a	0.934	< 0.01
Peso ganado en la prueba, kg	3.93	4.11	3.93	0.108	0.40
Ganancia diaria de peso, g/día	78.10	82.20	78.60	2.158	0.41

¹ Error estándar de la media

^{abc} Literales distintas en un mismo renglón indican diferencia estadística al nivel de alfa señalado en la columna del Valor de *P*

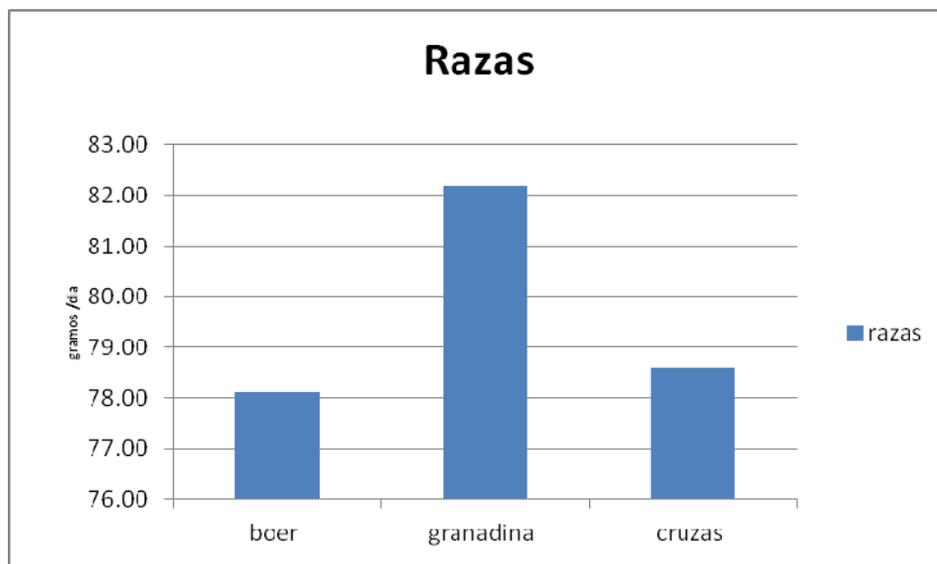


Figura 4.3 influencia de la suplementación entre las razas en tratamiento

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y al objetivo e hipótesis planteadas al inicio de este trabajo, además de las variables que se analizaron se puede concluir lo siguiente.

- ✓ La utilización de ensilado de nopal (*Opuntia spp.*) con urea y melaza como suplementación y un manejo adecuado en la alimentación cotidiana de cabras resulta benéfica ya que se logra incrementar la ganancia de peso por día.
- ✓ La suplementación de ensilado de nopal (*Opuntia spp.*) con urea y melaza no favorece en particular a una raza para obtener mayor ganancia de peso
- ✓ El ensilaje de nopal permite preservar el forraje lo más posible en su forma natural además de que permite agregar aditivos que puedan mejorar la calidad del forraje.
- ✓ De acuerdo con lo realizado en el trabajo, existe la posibilidad de mejorar la calidad del nopal (en su forma de ensilado), ya que permite un adecuado consumo por los animales en tratamiento; sin embargo aún no hay investigaciones que permitan lograr productos estandarizados que promuevan una adecuada producción animal a bajo costo.
- ✓ Con lo logrado en la investigación se puede concluir que el ensilado de nopal adicionado con urea y melaza representa una alternativa para los caprinocultores de las zonas áridas y semiáridas para las épocas de estiaje.

6. LITERATURA CITADA

- Aguilar, C.J.I. 1946.** Forrajes y plantas forrajeras de México. México: Ed. Trucco.
- Ávila G.E., Shimada S. A. y Llamas G. 1990.** Anabólicos y aditivos en la producción pecuaria 1° Ed. Sistema de educación continúa en producción animal en México. México D.F. pp. 49-53.
- A.O.A.C. 1980.** Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemist. 16th Ed. Washington, D.C
- Aranda. O. G., Flores, V. C. A., Cruz, M. F. M. 2008.** Inclusion of cactus pear cladodes in diets for finishing lambs in Mexico. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 12: 49-55.
- Barrientos, P.F. 1972.** Rendimiento del nopal *Opuntia ficus-indica* var. COPENA F-1 a diversas densidades. Rama de Genética. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.
- Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Abdouli, H. y Orskov, E.R. 1996.** Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* var. *inermis*) on intake and digestion by sheep given straw- based diets. Animal Sciences, 62; 293-299.
- Ben Salem, H., Abdouli, H., Nefzaoui, A., El- Mastouri, A., Ben Salem, L. 2005.** Nutritive value behavior, and growth of Barbarine lambs on oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) and supplemented or not with barley grains or spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) pads. Small Ruminant Research. 59:229-237.
- Bernal E. J. 1991.** Pastos y forrajes tropicales: producción y manejo. 1 ed. Bogotá, D.C.: Banco Ganadero. Pp. 320-335.
- Blanco, M.G. 1958.** El nopal como forraje para el Ganado en zonas áridas. Banco de Comercio Exterior, México.

Bravo H., H. 1978. Las cactáceas de México. 2ª. de U.N.A.M. Vol. 1. México. 743p.

Brauer. R. R y V. C. Flores. 1969. Análisis Bromatológico de cuatro variedades de *Opuntia ficus-indica* en Chapingo. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México

Cantú D., Muñoz L. A., García E. y Cuellar R. 2007. Manual de Procedimientos para el uso de Campos Experimentales en la UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp.5

Calvino, M. 1952. Plantas forrajeras tropicales y subtropicales. México: Ed. Trucco.

Degu, A., Melaku, S., Berhane, G. 2009. Supplementation of isonitrogenous oil seed cakes in cactus (*Opuntia ficus-indica*)-tef straw (*Eragrostis tef*) based feeding of Tigray highland sheep. Animal Feed Science and Technology. 148;214-226.

D' Arces, P. J. 1941. Un aliment de betail. Le cactus. Documents et resegnements agricole. Bulletin de 1' Agriculture. Gouvernement general de L'Algerie. 4 p.

De Klerk, J. C. 1960. Spineless Cactus a Succulent Supplementary Feed. Farming in South Africa. South Africa. pp. 36-37.

Elizondo, E. J., J. López y G. J. Dueñez A. 1987. El género *Opuntia* (Thunerfort) Miller y su distribución en el estado de Coahuila. 2ª, Reunión Nacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F.

Ensminger M. E., Oldfield J. E. y Heinemann W. W. 1990. Feeds and Nutrition. 2º Ed. Edited by Ensminger Publishing Company. California, USA. Pp. 233, 332-334.

Flores V., C.A. 1977. El Nopal Como Forraje. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Estado de México. 179 p.

Flores V., C.A. y J.R. Aguirre R. 1992. El nopal como forraje. Universidad Autónoma Chapingo. México. 80 p. Segunda Reimpresión

Fuentes, R. J.M. 1966. El Nopal Forrajero en el Norte de México. Taller Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal y Mezquite. CINVESTAV-Irapuato, Irapuato, Gto., México.

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

Fuentes, R.J.M 1992. Feeding cactus pear to dairy cattle in Northern Mexico. *In:* Proc. 3rd Annual Prickly Pear Council. Kingsville, Texas.

González, C., F., Llamas L., G, y Bonilla, A.J. 1998. Utilización del nopal como sustituto parcial de alfalfa en dietas para vacas lecheras. Tec. Pecuaria en México, 36(1): 73-81.

Griffiths, D y Hare. R. F. 1906. The prickly pear and other cacti as food for stock-2. New Mexico College of Agriculture and Mechanic Arts, Agriculture Experimental Station Bulletin, 60. 125 p.

Griffiths, D. 1905. The Prickly-pear and Other Cacti as for food for Stock. Washington, U. S. A. 48 p.

Gross F. 1969. Silos y Ensilados. 1° Ed. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pp 134.

Harvard-Duclos, B. 1969. Las plantas forrajeras tropicales. Barcelona: Blume. 380 p.

Hernández del C., T del C. 2006 Efecto de la altura de corte del cultivar de nopal liso Forrajero en su rendimiento y recuperación. Tesis de licenciatura Fac. de Agronomía UANL.

Hiriart I. M. 1998. Ensilado, procesamiento y calidad. Editorial Trillas. México. Pp. 98.

Hicks, C. R. 1973. Fundamental concepts in the design of experiments. Holt, Rinehart and Winston, New York.

Honig H., Woolford M. K. 1980. Changes in silage on exposure to air. P. 76-87, in: C. Thomas (ed) Forage Conservation in the 80s. BGS Occasional Symposium No. 11. Hurley, UK: British Grassland Society.

Jonsson A., Lindberg H., Lingvail P. and Lindgren S. 1990. Effect of additives on quality of big bale silage. Anim. Feed Sci. Technol. 31; 139-155.

Kung.L 2000. Silage fermentation and additives. Direct-fed microbial, enzyme y forage additive compendium, Miller Publishing Co., Minnesota, MN. USA.

Lastra, E. J., y Pérez P., S. 1978. Digestibilidad *in vivo* e *in vitro* de ensilaje de nopal (*Opuntia ficus-indica*). Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.

López G., J.J. y J. Elizondo E. 1988. El Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal en México. Memoria de la 3ª Reunión Nacional y 1ª Internacional, Sobre el Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México 359 p.

Lopez G., J. J., Fuentes, .J., y Rodríguez. A. 2003. Producción y uso de *Opuntia* como forraje en el centro-norte de México

Marroquín J., S., Boruja L., G., Velázquez C., R y de la Cruz C., J.A. 1964. Estudio Dasonómico de las Zonas Áridas del Norte de México. Inst. Nac. Invest. For., Publicación Especial, 2. 116 p

Merry R. J., Lowes K. F. and Winters A. 1997. Current and future approaches to biocontrol in silage. En proceedings of the 8th simposio internacional sobre la

conservación del forraje ed. Jambor V., Klupil L., Chromec P. y Prochazka P. pp. 17-27.

McDonald P., 1981. The biochemistry of silage. John Wiley and Sons, Chichester. New York. Pp. 226.

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 Addition of Yeast, Ammonia and Urea. 5th Annual Texas Prickly Pear Council Convention, Kingsville, Texas. U. S. A. 77-82 pp.

Morrison, F. B. 1965. Compendio de la alimentación del ganado UTEHA. México. 721 p.

Nefzaoui, A. y Ben Salem, H. 1998. Spineless cacti: a strategic fodder for West Asia and North Africa arid zones. P.58-76, *in*: Proc. Int. Symp. Cactus Pear and Nopalitos Processing and Use. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales/FAO. Santiago, Chile.

NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Washington, DC. National Academy Press.

Palomo G., D. R. 1963. Datos Sobre los Nopales Utilizados como Forraje de invernaderos en el Noreste de México. Tesis Profesional. Escuela de Agr. Y Gan. I.T.E.S.M. Monterrey, Nuevo León, México.

Peñagaricano A. J., Walter A. y Llanea J. N. 1975. Ensilaje (manejo y utilización de reservas forrajeras). 1° Ed. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. Pp. 343.

Revuelta, GL. 1963 Bromatología zootécnica y alimenticia animal. Madrid; ED Salvat.

Rees T.J. 1997. The development of a novel antifungal silage inoculants. Doctoral Research Dissertation, Cranfield University. Biotechnology Centre, UK.

Ríos, L.A. 1954. El nopal y la Oveja, una esperanza para la zona desértica Mexicana. Secretaría de Recursos Hídricos. Memorandum Técnico. 6 p.

Riveros, E.V., García de Cortázar, V., y García, G. 1990. Uso de cladodios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) como suplemento forrajero estival para ovinos en crecimiento. Avances en Producción Animal, **15**(1-2): 81-88.

Rossouw, C. de W. 1961. The prickly pear – Nature's fodder bank and silo. Farming in South Africa, **37**(5): 23-26.

Scheinvar, L. 1995. Taxonomy of utilized *Opuntia* in: G. Barbera, P. Inglese and E. Pimienta. Agroecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO, Plant Production paper, Rome, Italy.

Statistix, 2007. Statistic User's Manual, Release 9.0 Analytical Software, Tallahassee, FL.

Tiene, D. V. y Beynen, A. C. 2005. Growth performance of lambs in Phari-grang. Vietnam: Effects of a dietary supplement containing prickly-pear cactus. Tropical Animal Health and Production. **37**:237-244.

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

Vázquez. R. E., R. Valdez., E. Gutiérrez. y F. Blanco 2007. Caracterización e Identificación de nopal Forrajero en el Noroeste de México. VI simposio Internacional Taller Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noroeste de México. Marin, Nuevo León. 2007

Verver I. y Vargas A., 2007. Trasferencia de tecnología e investigación para mejorar la sustentabilidad de la producción ovina a través del cultivo y utilización del nopal forrajero en el norte de Guanajuato. Unión Ganadera Regional de Guanajuato y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Viana, S.P. 1965. El uso del nopal sin espinas en la alimentación del ganado. P.1461, in: Vol. 2 of Anales 9° Congreso Internacional de Pasturas. San Paulo Brasil.

Watson J. S. y M. A. Smith. 1984. El ensilaje 2° Ed. Editorial Continental. México, D.F. pp. 183.

Weinberg Z. G., and Muck R. E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiol. REV. 19: 53-68

Wilkins R. J. 1976. The nutritive value of silages. In Univ. Nottingham Nutrition Conference of feed manufactures London: Butterworths. Num. 8. Pp. 189.

Woolford M.K. 1984. The Silage Fermentation. Marcel Dekker, Inc. New York, EEUU.Pp.350.