

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Composición Química y Digestibilidad *In Vitro* de Cinco
Especies de Nopal (*Opuntia* spp.)

Por

Jesús Granda Neri

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título
de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Febrero de 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS

Composición Química y Digestibilidad *In Vitro* de Cinco Especies de Nopal (*Opuntia* spp.)

Por

Jesús Granda Neri

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA

Asesor principal

Ing. MC José Eduardo García Martínez

Sinodal

Ing. MC. Camelia Cruz Rodríguez

Sinodal

Ing. Serjio Rodríguez Alemán

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Ing. MC. Ramón García Castillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Febrero de 2004.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pagina
ÍNDICE DE CUADROS	ii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Clasificación Taxonómica	3
Características Taxonómicas	4
Zonas Nopaleras En México	5
Distribución Del Nopal En El Estado De Coahuila	7
Manejo Del Nopal	9
Calidad Nutritiva Del Nopal	10
Especies Estudiadas	12
Digestibilidad	14
Técnica <i>in vitro</i>	15
	17
MATERIALES Y MÉTODOS	17
Descripción Del Área De Estudio	17
Preparación Del Sustrato	18
Procedimiento Experimental	18
Obtención Del Líquido Ruminal	18
Análisis Estadístico	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
Análisis Bromatológico	20
Digestibilidad <i>In Vitro</i> De La Materia Seca Y Materia Orgánica	22
CONCLUSIÓN	23
LITERATURA CITADA	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pagina
1. Análisis bromatológico de diferentes especies del nopal	11
2. Análisis bromatológico de las especies estudiadas	20
3. Digestibilidad <i>In Vitro</i> de las especies estudiadas	21

INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas cuentan con una gran cantidad de especies que con un manejo adecuado se puede incrementar y mejorar su valor forrajero. Dentro de estas especies se encuentran los nopales, que en nuestro país ocupan aproximadamente 2.3 millones de hectáreas; además, existen otras especies nativas de importancia forrajera (Maldonado, 1983).

México cuenta con grandes extensiones de territorio, en las cuales la ganadería es una de sus principales actividades productivas; sin embargo, se tiene una eficiencia productiva baja, esta situación es más prevaleciente en las zonas áridas y semiáridas, las cuales ocupan el 52.2 % del territorio nacional, donde el nopal se encuentra en 324,000 km². En estas zonas, es común observar periodos prolongados de sequía y cambios extremos de temperatura, lo que hace difícil la producción de cultivos para alimento del ganado; de allí la importancia de realizar investigaciones tendientes a la recuperación, manejo y conservación de los recursos forrajeros propios de la zona (Vázquez y De la Garza, 1999).

En el desierto Chihuahuense existen alrededor 37 taxas del genero *Opuntia* de las cuales se utilizan aproximadamente 15 especies como fuente de forraje para el ganado. Por su abundancia y distribución, reciben mayor importancia en el uso las especies *Opuntia lindheimeri* var. *tricolor*, *O. lindheimeri* var. *subarmata*, *O. microdasys*, *O. imbricata* y *O. rastrera* (López et., al. 1996)

Por otra parte, la digestibilidad de los forrajes y sus principios nutritivos se ven afectados por una gran diversidad de factores, desde los que inciden en la planta, la especie vegetal, el uso y tratamiento, y las características propias del animal que los consume, habiendo una notable diferencia entre rumiantes y no rumiantes (Juscafresa, 1974). El análisis químico, no es suficiente para medir el valor nutritivo de los forrajes que componen la dieta de los rumiantes, debido a que algunas de sus partes no representan fracciones químicas o nutritivas, que tienen un comportamiento definitivo en la fisiología digestiva del rumiante. Por ejemplo, la fibra cruda que se encuentra parcialmente incluida en los elementos libres de nitrógeno (principalmente hemicelulosa y algo de celulosa y lignina) y no únicamente carbohidratos disponibles para el animal (Llamas y Tejada, 1990).

Por lo anterior, el objetivo en este trabajo de investigación, fue conocer la calidad nutritiva (análisis proximal y digestibilidad *in vitro*) de cinco especies de nopal del género *Opuntia* que se utilizan como forraje en las zonas semiáridas del noreste de México.

REVISIÓN DE LITERATURA

Clasificación Taxonómica

La siguiente clasificación es en la actualidad es la más aceptada y es la que establece Britton y Rose, según Bravo (1978).

REINO *Vegetal*

SUBREINO: *Embryophita*

DIVISIÓN: *Angiospermeae*

CLASE: *Dicotyledoneae*

SUBCLASE: *Dialipetala*

ORDEN: *Opuntiales*

FAMILIA: *Cactaceae*

SUBFAMILIA: *Opuntioideae*

GÉNERO: *Opuntia*

SUBGENERO: *Platyopuntia*

ESPECIE: *spp.*

Características Taxonómicas

Familia Cactaceae. Ésta familia se divide en 122 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 gloquíidas y flores rotiformes; los géneros más conocidos son: *Opuntia*, *Pereskopsis* y *Nopalea*. Solo *Pereskopsis* es laminar y carnoso; tubérculos prominentes, areolas circulares hasta elípticas, con fieltros, pelos, glóquidas y espinas; las espinas son mas o menos largas y delgadas, a veces con vaina papirácea. Flores diurnas y vespertinas y césiles una en cada areola. México está representado por los géneros *Pereskopsis*, *Nopalea* y *Opuntia* (Bravo, 1978)

Género *Opuntia*. Este 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, glóquidas usualmente numerosas y pelos; espinas cilíndricas y aplanadas, desnudas o con vainas. El género se subdivide en dos subgéneros: a) *Cylindropuntia* (cladodios cilíndricos) ramas delgadas, llamadas tasajos, tasajillo y alfilerillo. No tiene importancia económica y se ocupa para setos; y b) *Platyopuntia* (artículos planos). Presenta 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 aceptados por la población regional. Abarca a especies forrajeras de mayor significancia, aunque hay otras de menos importancia para ningún propósito (Bravo, 1978).

Zonas Nopaleras En México

En México, el nopal (*Opuntia spp.*) se distribuye en casi todo el país; desde el nivel del mar hasta las partes altas de las sierras madre oriental y occidental, como en las altiplanicies del centro y norte donde se encuentran nopaleras importantes por su diversidad, densidad y tamaño (López, 1999), pero solo en los estados del norte cobra importancia pecuaria. Se menciona que para los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas las especies forrajeras más importantes son: *Opuntia cantabrigensis* (cuijo) y *Opuntia lindheimeri* (cacanapo). Para los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, las más importantes son: *Opuntia streptacantha* (cardon) y *Opuntia leucotricha* (duraznillo). las nopaleras de mayor densidad se localizan en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Durango, compuestas por: *Opuntia streptacantha* y *Opuntia leucotricha*, aislada o en conjunto, con densidades de hasta 600 plantas por hectáreas (Flores y Aguirre, 1992).

Marroquín *et al.* (1964), en un estudio dasonómico de las zonas áridas del norte de México, describe en forma convencional tres zonas nopaleras del territorio centro-norte del país, a saber:

Zona Potosino-Zacatecana.- Comprende parte de Aguascalientes, Jalisco, Durango y Guanajuato; predominan matorrales crasicaule, principalmente *Opuntia streptacantha*, *O. leucotricha*, *O. robusta* y *O. imbricata*.

Zona del norte de México.- Norte de Tamaulipas y noreste de Nuevo León; la vegetación es mezquite-nopales-pastizal, las especies de *Opuntia* son principalmente *O. lindheimeri* y *O. engelmannii*.

Zona nopalera difusa.- De mayor superficie pero de menor densidad que las anteriores; desde las calizas de San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo León, hasta Coahuila y partes áridas de Durango y Chihuahua; la vegetación es matorral desértico microfilo y matorral desértico rosetofilo, se encuentran los nopales: *Opuntia cantabrigiensis*, *O. rastrera*, *O. Macrocentra* y *O microdasys*.

De acuerdo a su abundancia, fisiología, condiciones climáticas y edáficas donde crecen, López y Elizondo (1990) describen cuatro grandes zonas nopaleras en México.

La zona centro-sur. Comprende los estados de México, Puebla, Querétaro y Oaxaca, que se caracterizan por nopales de porte alto, productoras de verdura, fruta y forraje. Las especies mas explotadas son *Opuntia ficus-indica* (nopal de castilla), *O. megacantha* (nopal de tuna amarilla), *O. amyclaea* (nopal fafajayuca) y sus múltiples variedades, *O. Tomentosa*, además de las copenas desarrolladas por el Dr. Barrientos.

Zona del altiplano. Se localiza en los estados de Zacatecas y S.L.P., y en menor proporción en los estados de Aguascalientes, Durango, Guanajuato y Jalisco. Abundan las plantas de porte arbóreo como la *O. streptacantha* (nopal cardon) *O. Leucotricha* (nopal duraznillo) y sus variedades. Asociadas a estas se encuentran plantas de porte arbustivo como *O. robusta* (nopal tapón), *O. cantabrigiensis* (nopal cuijo); y de porte rastrero, *O. rastrera* (nopal rastrero) y la *O. lindheimeri* (nopal rastrero), *O. leptocaulis* (tasajillo) todas ellas de importancia forrajera.

Zona norte (desierto Chihuahuense). Comprende la región más extensa. Abarca parte de los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas y Coahuila, donde el nopal crece en forma natural y es de porte arbustivo como *O. cantabrigiensis* (nopal cuijo), *O. phaeacanta* (nopal rastrero) y sus variedades, *O. lindheimeri* (cacanapo) y *O. rastrera* (nopal rastrero) entre otras, todos son de uso forrajero.

Zona de la planicie costera del golfo. Comprende el noreste de México, abarca el noreste del estado de Coahuila, norte de Nuevo. León y Tamaulipas. Crecen en esta región nopal de porte arbustivo principalmente, como la *O. lindheimeri* y sus variedades. Se encuentran pocas de porte rastrero, como la *O. rastrera* (nopal rastrero), pero todas de importancia forrajera.

Distribución Del Nopal En El Estado De Coahuila

Se reconocen 258 especies del genero opuntia, reportándose para México 104 especies de las que se encuentran en Coahuila 37 taxas, comprendidas por 25 especies y 12 variedades.

Se utilizan mas comúnmente como forraje las especies y variedades de *O. lindheimeri* y *O. phaeacantha*, que se encuentran en casi todo el estado (Bravo, 1978; Elizondo *et al.* 1987).

López *et al.* (1996) mencionan que de las reportadas para Coahuila, solo cinco especies y sus variedades son consideradas como forrajeras, siendo las que a continuación se mencionan.

En el oriente del estado: *O. lindheimeri* (nopal cacanapo) esta especie tiene cuatro variedades: *O. lindheimeri var. lindheimeri* (nopal cacanapo), *O. lindheimeri var. aciculata*, *O. lindheimeri var. subarmata* y *O. lindheimeri var. tricolor*. una de las regiones más húmedas, con una precipitación mayor de 400 mm por año y una altitud menor de los 1000 metros. Estas cuatro variedades son buenas forrajeras.

En el occidente del estado: *O. phaeacantha* (nopal rastrero) y sus cinco variedades *O. phaeacantha var major*, *O. phaeacantha var phaeacantha* *O. phaeacantha var discata*, *O. phaeacantha var sinusibaca*, *O. phaeacantha var nigricans* , la región mas desértica, con una precipitación menor de los 200 mm por año, y una altitud entre los 500 y 1700 msnm.

Para la región sureste del estado: *O. cantabrigiensis* o nopal cuijo y *O. engelmannii* o nopal rastrero. con precipitación promedio anual entre los 200 y 400 mm., y una altitud entre los 1500 y 2500 m, se distribuye en el sureste y suroeste del estado: La *O. rastrera* o nopal rastrero. en regiones con una precipitación promedio de 400 mm por año, entre los 1000 y 2000 metros.

Distribuida ampliamente en todo el estado: *Opuntia imbricata*, Conocida como coyonoxtle o choya. Es una indicadora de mal manejo de los agostaderos. Utilizado como forraje solo en épocas críticas. Otras especies que se utilizan como forraje en épocas críticas son: *O. microdasis* (nopal cegador), *O. leptocaulis* (tasajillo), *O. violacea* (nopal morado), *O. rufida* (cegador); entre otras.

Manejo Del Nopal

En las zonas áridas y semiáridas del país, el nopal es un alimento importante para el ganado bovino, caprino, ovino, equino, asnal y fauna silvestre, debido a su alta palatabilidad, y alta digestibilidad; los productores la prefieren como forraje ante otras plantas del desierto, por su manejo accesible en el campo, resistencia al transporte, abundancia, tasa de recuperación a la cosecha y productividad. El nopal posee características que lo hacen una planta importante por su facilidad de establecimiento, se protege con sus espinas, es atractivo para el ganado por estar siempre verde, sirve como forraje y ayuda al equilibrio ecológico, tiene larga vida, alta producción de biomasa, tolerante al frío y calor, alta adaptabilidad a diversos suelos, resistente a enfermedades, no compite con los pastos por su sistema radical, bajo costo de mantenimiento y alta disponibilidad (Fuentes, 1997). En los estados de Coahuila y Nuevo León, en épocas de estiaje o sequías prolongadas, los ganaderos y estableros, usan diversos métodos de cosechar el nopal. En los ranchos es común la utilización *in situ* por los bovinos, ovinos, caprinos y la fauna silvestre, de esta forma, causan daños llegando a provocar la muerte por inanición; los pastores, suelen despuntar las pencas, de esta forma los animales pueden cosechar con espinas; también, se usa chamuscar directamente a la planta, así los animales la pueden consumir casi completamente, la cual muere fácilmente; al ganado ovino y caprino que son pastoreados

consumen gramíneas y arbustos, pero cuando el pastor localiza plantas de nopal las chamusca con chamuscador de gas para quitar las espinas, y ser consumidas por los animales. Otra practica, es cortar las pencas y chamuscarlas *in situ* con leña para ofrecerse al ganado sin espinas (López et al., 1996).

Lozano (1958) describió las formas más usuales de aprovechar el nopal espinoso como forraje de la siguiente manera:

1. Amontonar hierba seca debajo de la planta y se le prende fuego. Esto destruye a la planta, dado que lo intenso del fuego lo soporta el tronco.
2. Cortar las ramas y chamuscarlas de ambos lados, se pica antes de darlas al ganado.
3. Cortando sólo el borde de la penca - donde hay mayor cantidad de espinas- y ofrecerlo al animal.
4. Chamuscar en pie o cortados, con chamuscador.
5. Usando picadora de nopal.
6. Cocción en calderas; ésta es utilizada en los Estados Unidos, en México no se usa dado su alto costo.
7. Dejar fermentar el nopal picado, con el objetivo de ablandar las espinas.

Calidad Nutritiva Del Nopal

Para mantener la actividad microbial en el rumen es necesario como mínimo 7 % de Proteína Cruda (Van Soest, 1994). El nopal es bajo en contenido de proteína cruda (5.1%); pero

por su gran disponibilidad, en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, es usado como forraje durante todo el año (Ramírez et al. 2000; Murillo *et al.*, 1994).

Con tratamientos a la plantación, Murillo *et al.* (1994) encontraron que se tiene mayor producción de biomasa y se mejora la digestibilidad de la proteína *in vitro* del nopal, la cual se incremento de 27.73 % en el tratamiento control a 61.62%, 93.93% y 76.83% al aplicar levadura, levadura+sulfato de amonio y levadura+urea, respectivamente.

Ramírez *et al.* (2000) en un estudio con *O. engelmannii*, obtuvieron resultados de contenidos de pared celular (FDN) similares ($P>0.05$) durante todas las estaciones, con media anual de 36.9 %, de igual forma para la FDA no tuvieron diferencias ($P>0.05$) entre estaciones.

Los resultados del análisis de algunas especies de nopal de se puede apreciar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis bromatológico de diferentes especies del Nopal .

Genotipo	Materia seca	Materia org.	Prot. cruda	Grasa cruda	Fibra	Ceniza	E.L.N	Autor
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	11.89	68.46	4.79	1.09	3.70	31.54	58.87	Palomo, 1963
<i>O. lindheimeri</i>	11.57	74.50	4.15	1.03	3.02	25.50	66.29	Palomo, 1963
<i>O. imbricata</i>	17.71	84.25	7.11	1.75	11.51	15.75	63.86	Griffiths y Hare, 1906
<i>O. ficus indica</i>	7.96	80.08	4.04	1.43	8.94	19.92	65.67	Bauer y Flores, 1969
<i>O. lindheimeri var. tricolor</i>	-----	-----	3.03 3.04	6.08 8.0	10.7 -- 11.4	-----	-----	Murillo et al., 1994

Fuente: Flores y Aguirre, 1992 y Murillo *et al.*, 1994

Especies Estudiadas

***Opuntia ficus indica* (Linne).** Es una planta arborescente de 3 a 5 m o más de altura. Tronco leñoso bien definido de 0.6 a 1.5 m de altura y 20 a 30 cm de diámetro. Artículos oblongos hasta largamente obovados, de 30 a 60 cm de largo y 20 a 40 cm de ancho y 1.9 a 2.8 cm de grueso, de color verde opaco, con ramas que forman una copa. Areolas separadas entre sí como 2 a 5 cm, pequeñas angostamente elípticas, de 2 a 4.5 mm de largo, de 3 mm de ancho. Espinas, cuando existen son escasas y pequeñas; gloquidas mas o menos numerosas, amarillas, caducas. Flores de 7 a 10 cm de diámetro y como de 6 a 8 cm de largo, amarillas con la porción media rojiza o verdosa y segmentos interiores del perianto amarillos hasta anaranjados. Fruto oval, de 5 a 10 cm de largo y 4 a 8 cm de diámetro, amarillo, anaranjado, rojo o purpúreo, con abundante pulpa carnosa, algo umbilicado.

***Opuntia imbricata* (Haworth).** Plantas arbustivas de hasta 5 metros de altura, con ramas mas o menos abundantes; tronco corto leñoso bien definido, de unos 10 cm de diámetro, con ramas primarias escasas, muy largas casi tan gruesas como el tronco, artículos de 12 a 35 cm de largo; areolas grandes con gloquidas escasas; espinas numerosas, 10 a 20 por areola, extendidas en todas direcciones 1 a 3 cm de largo, de color café rojizo moreno hasta rosado, casi aciculares pero algo aplanadas, fuertemente barbadas, con vainas blanquecinas, papiráceas y persistentes. Se localiza en el matorral desértico microfilo de *Larrea tridentata*, así como en encinar arbustivo, matorral crasicaule de *Opuntia spp.*, *O. streptacantha* y *Myrtillocactus geometrizans*, en áreas de escasa vegetación y laderas rocosas fuertemente erosionadas con pastizal. En altitudes de 1700 a 2280 msnm con pendientes de 1 a 6 %. Se desarrolla favorablemente en áreas perturbadas y a orillas de camino, por lo que se considera especie indicadora de disturbios. (Hernández, 1985)

***Opuntia cantabrigiensis* (Linch).** Arbustos redondeados de 1 a 2 metros de altura, artículos orbiculares hasta obovados de 12 a 20 cm de longitud, de color verde azulado a pálido, areolas distantes grandes con fieltro moreno, espinas 3 a 6 o más, algo extendidas aciculares, amarillas con la base rojiza de 1 a 1.5 cm de longitud, glóquidas numerosas, grandes, amarillentas o amarillo intenso, por lo general no agrupadas en haces. Se localiza en el matorral desértico micrófilo de *Larrea tridentata*, en áreas de escasa vegetación, y se encuentran a orillas del camino. En altitudes de 1800 a 2350 msnm y pendientes de 5 y 6 % (Bravo, 1978)

***Opuntia lindheimeri* (Engelmann) var. *tricolor* (Griffiths).** Artículos determinados, obovados, aplanados, de 17.5 a 20 o 25 cm de largo, de 15 a 17.5 o 20 cm de ancho; espinas 1 a 3 o hasta 6, presentes en casi todas las areolas, de 5 a 7.5 cm de largo, amarillas con base no rojiza. Distribución: estado de Texas en los condados de Webb, Zapata, Duval y Cameron, en los llanos cercanos al río Grande; en México, en Coahuila y Tamaulipas (Bravo, 1978).

***Opuntia lindheimeri* (Engelmann) var. *subarmata* (Griffiths) Elizondo y Wehbe.** Plantas arbustivas suberectas, sin tronco bien definido, de hasta 1.7 m de altura por 2.4 m de diámetro; artículos obovados, de 20 a 33 cm de longitud, por 22 a 34 cm de diámetro y de 1 a 2 cm de grosor, color verde glauco, los basales lignificados, de 2.5 a 8 cm de grosor; areolas, en números de 60 a 100 por artículos, de elípticas a ovadas, de 3 a 7 mm de longitud por 3 a 6 mm de diámetro, muy distantes entre sí, de 4 a 5.5 cm, con fieltro blanco amarillento; gloquidas solo en el inferior de las areolas del borde del artículo; espinas, cuando existen, se presentan en la parte superior de las areolas del borde del artículo; flores de 6 a 8 cm de longitud y 4 a 10 cm de diámetro, segmentos amarillos con una línea medio verdosa o verde rojiza, filamentos de 15 mm

de longitud, estilo de 1.7 cm de longitud; fruto carnoso, obovado, de 3 a 4 cm de longitud por 2.5 a 3 de diámetro, umbilicado, de color rojo purpúreo, con areolas con fieltro blanco, gloquidas amarillo oro, numerosas, pulpa de color púrpura, paredes de hasta 8 mm de grosor; semillas escasas, dicotiledoneas, de mas o menos 4 mm de diámetro, de color negro con los bordes blancos rojizos.

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, el cual se supone ha sido absorbido; puede expresarse como coeficiente de digestibilidad de la materia seca, en porcentaje (McDonald, 1975). Las pruebas de digestibilidad además de costosas son muy tardadas, y requieren de grandes cantidades de alimento, debido a esto se han desarrollado métodos que estimen la digestibilidad en forma in directa o por métodos *in vitro* (De Alba, 1980). Existen los métodos para estimar la digestibilidad de los alimentos para el ganado: en animales de estomago pequeño, se puede dar alimento añadiendo una tintura como marcador, para que salga en las heces y poder definir el momento de inicio y final de recolección de las mismas, y así analizar el alimento problema; en los rumiantes, no es posible esta aplicación porque el alimento se mezcla con otros en el rumen y tiene variación en el tiempo de salida e las heces. Por otro lado, se discute esta aplicación en los rumiantes, por dos grandes razones; una es la energía en gas butano, que no aparece en las heces, pero son eructadas; no todo en contenido en heces, son residuos alimenticios, pueden ser restos celulares que contienen nitrógeno (McDonald, 1975).

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca de los pastos perennes, decrece en la estación fría con un aumento en la maduración hasta el final de la estación. Cherney *et al.* (1993), observaron que la magnitud y la velocidad de disminución de la calidad con la maduración, es más importante que la diferencia de especies en la determinación de la cinética de la digestión en pastos perennes. Las especies de pastos tropical vs. pastos templados, tienen diferentes grados de digestibilidad de sus componentes químicos de la pared celular; de esta manera la diferencia matriz en la pared celular de los pastos tropicales y templados pueden causar diferencias en la predicción de digestibilidad de sus componentes químicos. Barton *et al* (1976), encontraron mas digestibilidad *in vitro* de la FDN de los pastos tropicales que de los templados, con una diferencia importante en la cantidad de hemicelulosa mayor en los pastos tropicales; de igual manera, encontraron a la proteína como mejor predictor de la digestibilidad de pastos tropicales ($r= .90$) que para los templados ($r= .17$), 30 – 35% y 22 – 27% respectivamente.

Técnica *in vitro*

La serie de todos en los procedimientos de la técnica de digestibilidad *in vitro*, es una fermentación anaerobia de un substrato 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 amoníaco que podría llegar a ser limitando en los forrajes de pobre calidad; hay poca oportunidad para los nutrientes digeribles escapar a la fermentación (Van Soest, 1994).

Fisher *et al* (1989) la extensión de Digestibilidad *In Vitro* de la Materia seca a las 48h 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. Por lo tanto, al utilizarla se debe tener mas cuidado, en interacciones que ocurren entre proporción de paso, tamaño de la partícula, masticación y digestibilidad en los sistemas *in vivo*. Varel and Kreikemeier (1995), obtuvieron de la comparación de los métodos *in vitro* vs *in situ*, diferencias ($p < .01$) en el tiempo de retraso, tasa y extensión de la digestión. Donde el método *in situ* constantemente proporciono más corto tiempo de retraso (3.5 h menos), rápida tasa (.03/h) y gran extensión de la digestibilidad (6%) que el método *in vitro*. La precisión de el método *in vitro* esta asociada con la magnitud de la variabilidad dentro y entre tratamientos. La fuente y actividad de el inculo, son influidos por los animales donadores y las dietas que reciben. Nelson *et al.* (1972), encontraron diferencias ($P < .01$) altamente significativas en la DIVMS al incubar con inculo de diferentes dietas y animales donadores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción Del Área De Estudio

El material utilizado para este trabajo fue colectado en los terrenos aledaños a la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. El análisis químico se efectuó en el laboratorio de Nutrición y en la Unidad Metabólica del Departamento de Nutrición y Alimentos de la misma Universidad ubicada en Buenavista, municipio de Saltillo, estado de Coahuila. Los cuales se encuentran en las coordenadas, 25° 22' Latitud Norte y 101° 00' Longitud Oeste. Con una altitud de 1742 msnm. Teniendo 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 es del 80% en los meses lluviosos y el 30% en los periodos seco, como promedio (Mendoza, 1983).

Preparación del Sustrato

El material biológico fue seleccionado sobre la base de las variedades del género *Opuntia* que son más utilizadas como forraje por los ganaderos del Municipio de Saltillo. Las especies que fueron utilizadas son: 1) *Opuntia imbricata* (Haworth), 2) *Opuntia ficus-indica* (Linné), 3) *Opuntia cantabrigiensis* (Lynch), 4) *Opuntia lindheimeri* variedad *tricolor* (Griffiths) y 5) *Opuntia lindheimeri* Engelman variedad *subarmata* (Griffiths).

Se seleccionaron tres plantas de cada especie a las cuales se les cortaron pencas (cladiodos) cada mes durante la estación de otoño. Se picaron en trozos para secarse parcialmente en estufa a 70 ° C. Las muestras de cada planta se agruparon, de manera que se tuvieron tres substratos de cada especie. Fueron molidas para posteriormente ser analizadas en el laboratorio.

Procedimiento Experimental

Se utilizó la técnica *in vitro* descrita por Tilley y Terry (1963) para determinar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y materia orgánica (DIVMO). Además se realizó el análisis bromatológico de acuerdo al AOAC (1980).

Obtención del Líquido Ruminal

La obtención del líquido ruminal fue de un novillo fistulado. Este animal fue alimentado con una dieta de heno de avena el animal donador se le restringió el acceso al alimento y agua 16 horas antes de la extracción del fluido ruminal con el fin de evitar una dilución (Llamas y Tejada, 1990). Esta técnica fue realizada de acuerdo a lo señalado por Tilley y Terry, 1963.

Análisis Estadístico

Los resultados del análisis bromatológico, DIVMS y DIVMO fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones, teniendo cinco tratamientos y tres repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Bromatológico

En el cuadro 2. se muestran que no hay diferencia significativa ($p > 0.05$) en cuanto a los resultados de el análisis bromatológico de las especies estudiadas, para las variables: materia seca total (MST), materia orgánica (MO), cenizas (C), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y extracto libre de nitrógeno (ELN). En todos los componentes de análisis bromatológico, se encontraron altos porcentajes con respecto a los mencionados por (Flores y Aguirre, 1992 y Murillo *et al.*, 1994), para estas especies y variedades (cuadro 2.1) aunque no se reportan las condiciones del material que fue estudiado, estas variaciones pueden deberse a factores como la edad de la penca, tipo de suelo donde se desarrolla la planta o la época de corte. De igual manera, Ramírez *et al.* (2000), encontraron niveles de proteína cruda de 6.1%, en *Opuntia engelmannii* para la estación de otoño, aunque la mas baja se obtuvo durante la primavera (5.1%).

Por otro lado al hacer comparaciones con los valores obtenidos por Martínez (1994) en especies de maguey forrajero *Agave atrovirens* (Karw) y *Agave salmiana* los cuales tuvieron porcentajes para proteína cruda de 4.96 y 5.43, extracto etéreo 1.64 y 1.58, fibra cruda 18.46 y 16.39, cenizas 16.89 y 18.83, extracto libre de nitrógeno 58.05 respectivamente, se puede apreciar ventaja por parte de las *Opuntias* estudiadas. Esto es de algún modo bueno, ya que el nopal por su mayor disponibilidad y abundancia es más usado como forraje por los ganaderos de

la región. Con tales resultados, se puede pensar que las especies estudiadas en el presente trabajo, tienen buen nivel nutricional para la estación de otoño.

Cuadro 2. Análisis bromatológico de las especies estudiadas.

CONCEPTO ¹ (%)	<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia</i>	<i>Opuntia lindheimeri</i>		<i>Opuntia</i>
	<i>ficus indica</i>	<i>imbricada</i>	<i>var subarmata</i>	<i>var tricolor</i>	<i>cantabrigiensis</i>
MST	90.94	91.94	92.00	93.35	93.01
MO	69.90	66.34	70.07	66.17	69.80
C	21.04	25.60	21.93	27.19	23.21
PC	9.14	10.07	6.67	8.10	6.79
EE	1.48	1.70	1.55	1.38	1.23
FC	14.47	15.78	19.26	17.76	17.90
ELN	54.69	47.67	51.11	46.12	51.35

¹Base seca. MST= Materia Seca Total. MO= Materia Orgánica. PC= Proteína Cruda. C= Cenizas. EE= Extracto Etéreo. FC= Fibra Cruda. ELN= Extracto Libre de Nitrógeno.

Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca y Materia Orgánica

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca mostrada en el cuadro 3. no tuvo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos, pero podemos apreciar que fue la *Opuntia ficus indica* la que tuvo el mayor coeficiente de digestibilidad (63.99%) y la *Opuntia lindheimeri var. tricolor* con 55.32% con el menor coeficiente. La digestibilidad de la materia orgánica tuvo diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos. La comparación de medias indica que la *Opuntia ficus indica* (65.96%) es totalmente diferente de la *O. lindheimeri var. tricolor* (51.74%); y las similitud entre las especies *O. ficus indica*, *O. imbricada*, *O. lindheimeri var. subarmata* no son para *O. lindheimeri var. tricolor* y *O. cantabrigiensis*.

Cuadro 3. Digestibilidad *In Vitro* de las especies estudiadas

CONCEPTO (%)	<i>Opuntia ficus indica</i>	<i>Opuntia imbricada</i>	<i>Opuntia lindheimeri</i>		<i>Opuntia cantabrigiensis</i>
			<i>var subarmata</i>	<i>var tricolor</i>	
DIVMS	63.99	60.86	59.20	55.32	57.51
DIVMO	65.96a*	63.34ab	63.83ab	51.74c	55.26bc

DIVMS= Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca

DIVMO= Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Orgánica

* Medias en las hileras con letras diferentes no son iguales (P< 0.05)

Estos resultados de digestibilidad *in vitro* de la materia seca y la materia orgánica son ligeramente menores, comparados con los que para las especies de maguey forrajero (*Agave atrovirens* (Karw) y *Agave salmiana*) reporta Martínez (1994); solo la *Opuntia ficus indica* muestra mayor digestibilidad ante estos forrajes. Los valores obtenidos mediante DIVMS por Cherney *et al.* (1995), en alfalfa (75.1%), silo de maíz (73.2%) y avena (83.7%) son superiores a los que se encontraron en el presente trabajo. Sin embargo, al comparar los valores reportados por Valdes y Jones (1987), para la DIVMS en 30 zacates (65.3% en promedio) y 25 leguminosas (58.5% en promedio) dan lugar a suponer que las *Opuntias* estudiadas son ligeramente menos digestibles que los zacates y mas digestibles que las leguminosas (83.7%).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se puede concluir lo siguiente:

Por sus contenidos nutrimentales, todas estas especies aquí estudiadas pueden ser utilizadas en las dietas de mantenimiento, para cubrir parcialmente los requerimientos de los rumiantes, principalmente en épocas críticas.

Las *Opuntia ficus indica*, *Opuntia imbricata* y *Opuntia lindheimeri* var. *subarmata* tienen mejor digestibilidad de la materia seca y la materia orgánica.

Por lo anterior la *Opuntia ficus indica* y *Opuntia imbricata*, son más adecuadas, para incluirlas en la dieta de los rumiantes.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. Washington, D. C. USA.
- Barton, F. E.; H. E. Amos; D. Burdick and R. L. Wilson. 1976. Relationship of Chemical Analysis to In Vitro Digestibility for Selected Tropical and Temperate Grasses. J. Anim. Sci. 43: 504-511.
- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Instituto de biología de la UNAM. México.
- 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. 1980. Alimentación del ganado en América Latina. 2° edición. Cuarta reimpresión. Ed. La Prensa Mexicana. México.
- 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. 2ª reunión nacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. Jardín botánico del instituto de biología. U.N.A.M. México. D. F.
- Elizondo, J. L. y Wehbe, J. A. 1987. Una nueva variedad de *Opuntia lindheimeri* Engelman. En: Cact. Suc. Mex. 32: 16-18.
- 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.
- Fuentes, R. J. M. y M Murillo, Soto 1996. Prickly Cactus 2010: A Prospective View. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 1:10-14.
- Fuentes, R. J. M. 1997. El nopal una alternativa forrajera en las zonas áridas del norte de México. Congreso sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. (Eds): Vázquez Alvarado Rigoberto, Gallegos Vázquez Clemente; Treviño Hernandez Nancy E. y Díaz Torres Yolanda. FAUANL. Monterrey, Nuevo León, México.
- Hernandez V. R. E. M. 1985. Cactaceas de San Luis Potosí, México. departamento de Botánica de la universidad autónoma de San Luis Potosí. Instituto de Investigaciones de San Luis Potosí.

- Juscáfresa, B. 1974. FORRAJES fertilizantes y valor nutritivo. Editorial AEDOS. Primera edición. Barcelona España.
- Llamas, L. G, y I. Tejada, H. 1990. Técnicas de laboratorio para el análisis de forrajes en rumiantes. En: Castellanos, R. A.; G Llamas, L., y A. S. Shimada,, (Eds). Manual de técnicas de investigación en rumiología. Primera edición. 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: tercera reunión nacional y primera internacional. EL NOPAL, su conocimiento y aprovechamiento. Eds. Juan José López González y Myrna Julieta Ayala Ortega. Universidad autónoma agraria Antonio narro, 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. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 1:10-14.
- López, G. J, J, 1999. Uso del nopal forrajero (*Opuntia spp*) en el norte de México. En: curso taller sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. Cd. Guadalupe Nuevo León México.
- Lozano, G. M. 1958. Contribución al estudio e industrialización del nopal. Tesis profesional. . Saltillo, Coah. México. Universidad de Coahuila. Escuela de agricultura
- Marroquín, J. S. *et al.* 1964. Estudio ecológico y dasonómico de las zonas áridas del norte de México. México. INIF. Publicación especial.
- Martínez, C. J. L. 1994. Valor Nutritivo de Dos Especies de Maguey (*Agave atrovirens*. Karw y *A. salmiana*) en el Sur de Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Maldonado, J. L. 1983. Caracterización y uso de los recursos naturales de las zonas áridas. En: simposio; Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México. editor: José de Molina Galán. Ed. Del Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- McDonald, P.; R. A. Edwards y J. F. D. Greenhalgh. 1975. Nutrición Animal. ED: Acriba. 2° edición. España.
- Mendoza, H. J. M. 1983. Boletín meteorológico para la zona de influencia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. UAAAN Buenavista, Saltillo, 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 ADDITION OF YEAST, AMMONIA AND UREA. 5th annual Texas Prickly Pear Council convention. Kingsville, Texas.

- Nelson, B. D.; H. D. Ellzey; C. Montgomery and E. B. Morgan. 1972. Factors Affecting the Variability of An In Vitro Rumen Fermentation Technique for Estimating Forage Quality. *J. dairy Sci.* 55: 358-366.
- Ramirez L. R, G.; G, F. Alanis F. y Ma, A. Nuñez G. 2000. Dinamica estacional de la digestibilidad ruminal de la materia seca del nopal. *Revista: CIENCIA UANL.* Vol III, N° 3: 267-273.
- Tejada, H. I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. SEP. 1ª edición. México.
- Tilley, J. M. A. and R. A. Terry. 1963. A Two-stage Technique for the *In Vitro* Digestion of Forage Crops. *J. British. Grassland. Soc.* 18.104.
- Vázquez, A. R. E. y De la Garza, V. R. J. 1999. Caracterización de cinco cultivares de nopal forrajero. En: memorias VIII congreso nacional y VI internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
- Varel H. V. and K. K. Kreikemeier. 1995. Technical Note: Comparison of In Vitro and In Situ Digestibility Methods. *J. Anim. Sci.* 73: 578-582.