

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**



**Tasa de Degradación *in vitro* de la Fibra de
Algunas Especies de Nopal del Género *Opuntia*,
Cortadas en Invierno.**

Por

CARLOS ERNESTO MONTES IBARRA.

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Junio del 2003**

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

**Tasa de Degradación *in vitro* de la Fibra de algunas
Especies de nopal del Género *Opuntia*,
Cortadas en Otoño**

Por

CARLOS ERNESTO MONTES IBARRA

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA

Ing. MC. José Eduardo García Martínez
Presidente

Ing. MC. Juan José López González
Sinodal

Ing. MC. Camelia Criz Rodríguez

Ing. Rodolfo Peña Oranday
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a los miembros del comité de asesoría: Ing. MC. Eduardo García Martínez, Ing. MC. Juan Jose López González e Ing. MC. Camelia Cruz Rodríguez. Por su apoyo y comprensión en la realización del presente trabajo.

A mi *Alma Mater* por ser siempre bondadosa con mígo y por permitir que al igual que yo, otras personas tengan la oportunidad de culminar sus estudios profesionales.

A el laboratorio de nutrición, a la Lic. Laura Olivares Fuentes Lara y a el técnico laboratorista Carlos Arevalo, a ambos Gracias por su paciencia y apoyo brindado en la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS

A **dios** por brindarme la oportunidad de vivir, ser, crecer y darme sencillez a lo largo de mi vida.

A mis padres:

Sra. Martha Ibarra Esquivel
Sr. Carlos Montes Limón

Con un inmenso respeto, cariño y eterno agradecimiento por cumplir siempre con sus responsabilidades de padres, brindándome la ayuda necesaria para que fuera posible la culminación de mis estudios profesionales y hacer de mí una persona que los admirará hoy y siempre.

A mis hermanos:

Brenda E. Montes Ibarra
Mayra A. Montes Ibarra
Edgar Montes Ibarra
Lluvicela Montes Ibarra
Rolando Montes Ibarra

Por su apoyo y comprensión que siempre me han brindado

A mis sobrinos:

Salma Pecina Montes
Brayan J. Pecina Montes
Fátima Rodríguez Montes

Por su ternura, sencillez y cariño recibido.

A todos mis Amigos y personas en general que me apoyaron en la realización del presente trabajo.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	4
Hipótesis.....	4
Justificación.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
El género <i>Opuntia</i> en el estado de Coahuila.....	5
Distribución Geográfica.....	6
Zonas nopaleras en México.....	8
Consumo del nopal forrajero.....	11
Sistemas de cosecha.....	12
Manejo e impacto ecológico del nopal forrajero.....	15
Clasificación Taxonómica.....	16
Especies tratadas y su descripción.....	16
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	16
<i>Opuntia ficus indica</i>	17
<i>Opuntia imbricata</i>	18
<i>Opuntia lindheimeri</i> var. <i>tricolor</i>	19
<i>Opuntia lindheimeri</i> var. <i>subarmata</i>	19
Valor nutritivo del nopal forrajero.....	20
Análisis bromatológico de diferentes especies de <i>opuntias</i>	21
Técnicas para medir la digestibilidad.....	23
Digestibilidad <i>in vivo</i>	23
Digestibilidad <i>in vitro</i>	23
Digestibilidad <i>in situ</i>	24

Sistemas de fración de la fibra.....	25
Componentes del nopal.....	26
Agua.....	26
Sales minerales.....	27
Digestibilidad.....	27
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
Descripción del área de estudio.....	29
Preparacion del sustrato	30
Procedimiento experimental.....	30
Obtención del líquido ruminal.....	31
Análisis estadístico.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
Análisis bromatologico	33
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca y materia orgánica.....	34
Tasa de degradacion de las paredes celulares (FDN).....	36
CONCLUSIÓN.....	42
RESUMEN.....	43
LITERATURA CITADA.....	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pagina
2.1. Dinámica estacional de las características de digestión ruminal <i>in vivo</i> de la Materia Seca de <i>Opuntia engelmannii</i> ..	21
2.2. Análisis bromatológico de diferentes especies del nopal.....	22
2.3. Variación en el contenido de nutrientes digestibles del nopal inerme (sin espinas).....	28
2.4. Nutrientes digestibles en las pencas de diferente edad y especie de nopal.....	28
2.5. Coeficiente de digestibilidad del nopal (<i>Opuntia spp</i>) en porcentaje.....	28
4.1. Análisis bromatológico de las especies estudiadas.....	34
4.2. Digestibilidad <i>in vitro</i> de las especies estudiadas.....	35
4.3. Tasa de degradación (kd) de la fibra de las especies estudiadas.....	37
4.4. La fibra potencialmente indigestible (FPI) de las especies a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i> en (hr).....	38
4.5. Fibra potencialmente digestible (FPD) de las Especies a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i> en (hr).....	38

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pagina
4.1. Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de <i>Opuntia ficus-indica</i> a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i>	39
4.2. Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de <i>Opuntia imbricata</i> a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i>	40
4.3. Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de <i>Opuntia lindheimeri</i> var. <i>subarmata</i> a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i>	40
4.4. Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de <i>Opuntia lindheimeri</i> var. <i>tricolor</i> a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i>	41
4.5. Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de <i>Opuntia cantabrigiensis</i> a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i>	41

INTRODUCCIÓN

En el norte de México se localizan dos extensas regiones consideradas como las más áridas, conocidas como Desierto Chihuahuense y Desierto Sonorense, que ocupan aproximadamente el 50 % del territorio nacional. Se han caracterizado por la sobreutilización y mal manejo de los recursos existentes en estos lugares, donde las principales actividades son la cría de ganado bovino, caprino, ovino, equino y de fauna silvestre en forma incipiente, la cosecha de algunas plantas y productos que se extraen de ellas. La mala utilización de los recursos existentes en estas regiones a originado que gran parte de ellos se estén deteriorando cada vez más, casi incapaz de producir, sujetos a la erosión acelerada y a la vez acompañada de especies indeseables presentando en general una baja productividad potencial del sistema (Cantú, 1984).

Flores y Aguirre (1992); mencionan que el principal problema que acarrea la baja productividad pecuaria es la deficiente alimentación del ganado. Sin embargo, hay otras causas por las cuales se presenta la baja productividad, aparte de la mala alimentación del ganado, por ejemplo, el escaso conocimiento de la vegetación nativa y su manejo que es una buena fuente productora de

forraje y de los diferentes métodos para poner en práctica esa información (López, 1999).

Una de las especies de importancia forrajera que es importante mencionar, son los nopales, que ocupan aproximadamente 2.3 millones de hectáreas en nuestro país; además, existen otras especies de importancia forrajera que es posible incrementar y mejorar a través de un manejo adecuado (Maldonado, 1983). La familia botánica de las cactáceas es sobresaliente tanto por la diversidad de sus especies, como por sus múltiples adopciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas, que les permite subsistir en medios sumamente adversos, donde imprimen un sello impresionante al paisaje y algunas veces constituyen los ecosistemas en donde habitan (Bravo, 1978).

Las cactáceas tienen múltiples y muy variados usos: ornato, medicinal, y como alimento. Desde el punto de vista forrajero tenemos que resaltar al Género *Opuntia* específicamente al subgénero *Platyopuntia*, conocido comúnmente como nopal. Característico por sus artículos aplanados y presentando forma de raqueta y por poseer un porte muy variado; rastrero, arbustivo y con frecuencia arborescente (Elizondo *et al.*, 1987).

En México las zonas áridas y semiáridas, ocupan el 52.2 % del territorio nacional, donde el nopal se encuentra en 324.000 Km². Es importante realizar investigaciones que nos benefician en la recuperación, manejo y conservación de los recursos propios de estas zonas, donde la precipitación y cambios

bruscos de temperatura nos hacen difícil la producción de forrajes para la alimentación del ganado (Vásquez y De la Garza, 1999).

El Desierto Chihuahuense es una vasta zona en la cual se encuentra inmerso el estado de Coahuila, donde existen aproximadamente 37 taxas del género *Opuntia* de las cuales solo 15 especies se utilizan como forraje para el ganado bovino, caprino y ovino para la producción de carne y pie de cría; así como leche en bovinos y caprinos. Las especies *Opuntia lindheimeri* var. *tricolor*, *O. lindheimeri* var. *subarmata*, *O. microdasys*, *O. imbricata* y *O. rastrera*, reciben mayor importancia por su abundancia y distribución. Otras especies que abundan en la zona son *Agave spp*, *Prosopis spp*, *Atriplex spp*, entre otras, las cuales se utilizan para complementar la dieta (López *et. al.* 1996).

No es suficiente el análisis químico, para medir el valor nutritivo de los forrajes que integran la dieta de los rumiantes, debido a que algunas de sus partes no representan fracciones 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).

En realidad es importante conocer las necesidades alimenticias de los animales, al igual que el poder energético de un determinado forraje, para poder

establecer una dieta y saber si ésta es o no suficiente para cubrir las necesidades o requerimientos nutritivos para un organismo.

El objetivo de esta investigación es conocer y determinar la tasa de degradación de algunas especies de nopal del Género *Opuntia* que son utilizadas como forraje por los ganaderos en las zonas áridas y semiáridas del Noreste de México, y que fueron cosechadas en la época de invierno, para poder determinar la calidad alimenticia del ganado en esta época del año.

HIPÓTESIS

El Género *Opuntia* tiene una alta tasa de degradación.

JUSTIFICACIÓN

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, por eso es importante el realizar investigaciones tendientes a la recuperación de los recursos forrajeros propios o nativos de la zona.

REVISIÓN DE LITERATURA

El Género *Opuntia* en el estado de Coahuila

Las características climatológicas que caracterizan estas regiones, que por lo general son muy extremosas, que aunadas a las características fisiográficas variables, han beneficiado la formación de gran cantidad de hábitat ocupados por especies adaptados a estos ecosistemas. Las especies del Género *Opuntia*, son las que mejor se adaptan y sobresalen en estas condiciones ambientales, tienen una amplia distribución y abundancia asociativa con los diferentes tipos de vegetación. Para la republica mexicana se reportan aproximadamente 104 especies del género *Opuntia*, de las 258 especies reconocidas, de las cuales para el estado de Coahuila se han reportado 37 taxas, comprendidas por 25 especies y 12 variedades. Las especies mas comunes por estar presentes en la mayor parte del estado son: *Opuntia lindheimeri* y la *Opuntia phaeacanta*, qué junto con sus variedades son las mas utilizadas como forraje (Bravo, 1978 y Elizondo *et al.*, 1987).

Distribución Geográfica

Las 25 especies y 12 variedades reportadas por Elizondo *et al.* (1987), en conjunto con el trabajo realizado por Rodríguez *et al.* (1992), determinaron qué solo cinco especies y sus variedades son consideradas como productoras de forraje y cuentan con la siguiente distribución:

***Opuntia lindheimeri* (nopal cacanapo).** Se distribuye por el Oriente del estado, que se caracteriza por ser la región más húmeda con una precipitación anual mayor a los 400 mm y una altitud menor de los 1000 msnm. Cuenta con cuatro variedades todas ellas de importancia forrajera como la; *Opuntia lindheimeri var. lindheimeri* (nopal cacanapo), *Opuntia lindheimeri var. aciculata*, *Opuntia lindheimeri var. subarmata* y *Opuntia lindheimeri var. tricolor*.

***Opuntia phaeacanta* (nopal rastrero).** Esta especie cuenta con cinco variedades de buena calidad forrajera: *Opuntia phaeacanta var. major*, *Opuntia phaeacanta var. phaeacanta*, *Opuntia phaeacanta var. discata*, *Opuntia phaeacanta var. spinosibaca* y *Opuntia phaeacanta var. nigricans*. Crece en la parte occidental del estado, considerada como la región más desértica, con una precipitación anual menor a los 200 mm, y una altitud entre los 5000 y 1700 msnm.

Opuntia cantabrigiensis (nopal cuijo) y ***Opuntia engelmanni*** (nopal rastrero) se distribuyen en la región sureste del estado, con una precipitación promedio anual entre los 200 y 400 mm, y una altitud de 1500 y 2500 msnm.

Opuntia rastrera se distribuye en el sureste y suroeste del estado, en regiones con una precipitación promedio anual de 100 a 300 mm. por año, y una altitud entre los 1000 y 2000 msnm.

Opuntia imbricata (coyonoxtle o cholla). Se encuentra ampliamente distribuido en todo el estado. Es una especie indicadora del mal manejo de los agostaderos. Se utiliza como forraje en las épocas críticas.

En épocas críticas de inviernos fuertes y de quías prolongadas se utilizan como forraje otras especies de nopal como lo es la ***Opuntia microdasys*** (nopal cegador), ***Opuntia violácea*** (nopal morado), ***Opuntia leptocaulis*** (tasajillo), ***Opuntia rufida*** (cegador), entre otros, teniendo mayor aceptación por los ovinos y caprinos las especies de ***O. microdasys*** y la ***O. rufida***, sin embargo, llegan a ocasionar un problema por el gran número de espinas pequeñas que tiene (ahuates), esto viene a dificultar su manejo y causa daño a los ojos, provocando la ceguera del ganado (Elizondo *et al.*, 1987).

ZONAS NOPALERAS EN MÉXICO

En México, el nopal (*Opuntia spp*) se distribuye en casi todo el país, pero solo en los estados del Norte cobra vital importancia pecuaria, en los cuales las actividades principales son la cría de ganado bovino, caprino, ovino, equino y de fauna silvestre en forma incipiente; para los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas las especies forrajeras más importantes o de mayor uso son: *Opuntia lindheimeri* (cacanapo) y *Opuntia cantabrigiensis* (cuijo). Mientras que para los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, la *Opuntia streptacantha* (cardon) y *Opuntia leucotricha* (duraznillo) son las más importantes. En los estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Durango se encuentran nopaleras de mayor densidad, integradas por las siguientes especies: *Opuntia streptacantha* y *Opuntia leucotricha*, aisladas o en conjunto, con densidades de hasta 600 plantas por hectárea (Flores y Aguirre, 1992).

Marroquín *et al.* (1964), describe tres zonas nopaleras en forma convencional del territorio centro-norte del país, como son:

Zona del norte de México.- Las principales especies con las que cuenta son la *Opuntia lindheimeri* y *Opuntia engelmanni*. La integran el Norte del estado de Tamaulipas y noreste del estado de Nuevo León; donde la mayoría de la vegetación son mesquites, nopales y pastizales.

Zona potosina zacatecana.- Esta integrada por parte de Aguascalientes, Jalisco, Durango y Guanajuato; la vegetación predominante son los matorrales crasicaule, la *Opuntia streptacantha*, *Opuntia leucotricha*, *Opuntia imbricata* y *Opuntia robusta*.

Zona nopalera difusa.- Esta comprendida desde las calizas de San Luis Potosí, abarcando los estados de Zacatecas, Nuevo León, hasta Coahuila y partes áridas de Durango y Chihuahua. Tiene mayor superficie pero menor densidad que las anteriores, en ella se encuentran especies como la; *Opuntia rastrera*, *Opuntia cantabrigiensis*, *Opuntia macrocentra* y *Opuntia microdasys*. La vegetación con la que cuenta es matorral desértico microfilo y matorral desértico rosetófilo.

Por su abundancia, fisiología, condiciones climáticas y edáficas donde se desarrollan, López y Elizondo (1990), describen cuatro zonas nopaleras en el país.

Zona norte (Desierto Chihuahuense).- Comprende la región mas extensa. Se caracteriza por especies de porte arbustivo como la *Opuntia cantabrigiensis* (nopal cuijo), *Opuntia phaeacantha* (nopal rastrero) y sus variedades, *Opuntia lindheimeri* (nopal cacanapo) y *Opuntia rastrera* (nopal rastrero) entre otras, todas de importancia forrajera. Abarca parte de los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas y Coahuila donde el nopal crece en forma natural.

La zona centro-sur.- Se caracteriza por encontrarse especies de porte alto, productoras de verdura, fruta y forraje. Por ejemplo, las especies que más se explotan son: *Opuntia ficus indica* (nopal de castilla), *Opuntia megacantha* (nopal de tuna amarilla), *Opuntia amyclaea* (nopal fafajayuca) y sus múltiples variedades, así como la *Opuntia tomentosa*, los estados de México que la integran son: Puebla, Querétaro y Oaxaca.

Zona del altiplano.- Abundan las plantas de porte arbóreo en sociedad con plantas de porte arbustivo, las especies de porte arbóreo son: *Opuntia streptacantha* (nopal cardon), *Opuntia leucotricha* (nopal duraznillo) y sus variedades. Las especies de porte arbustivo son la *Opuntia robusta* (nopal tapón), *Opuntia cantabrigiensis* (nopal cuijo); y de porte rastrero, como *Opuntia rastrera* (nopal rastrero) y la *Opuntia lindheimeri* (nopal rastrero), *Opuntia leptocaulis* (tasajillo) todas ellas de importancia forrajera. Los estados que la integran son Zacatecas y San Luis Potosí; y en menor proporción los estados de Aguascalientes, Durango, Guanajuato y Jalisco.

Zona de la planicie costera del golfo.- En esta región crece nopal de porte arbustivo principalmente, como la *Opuntia lindheimeri* y sus variedades. Se encuentran pocas de porte rastrero, como la *Opuntia rastrera* (nopal rastrero), todas estas de importancia forrajera. Corresponde al noreste de México, abarca el Noreste del estado de Coahuila, Norte de Nuevo León y Tamaulipas.

CONSUMO DEL NOPAL FORRAJERO

Dependiendo de la forma en qué el nopal se le suministre a los animales va a ser la cantidad de nopal consumido. Es de suma importancia conocer los niveles de consumo de los animales, ya que la producción de estos, se basa no solo en la cantidad, sino también en la calidad de los nutrientes consumidos. Las formas más comunes de suministrar el nopal dificultan su cosecha (por el número de espinas, tamaño y dureza). Se calcula que un vacuno consume entre 15 y 40 Kg. de nopal forrajero por día (base real). En ovinos y caprinos se calcula que el consumo varía entre tres y nueve Kg. de nopal por día (base real), esta depende de las condiciones en que se encuentre el agostadero, ya que cuando llueve se encuentra en mejores condiciones y la dieta es más variada, y el nivel de consumo del nopal baja. Cuando es invierno o época de sequía los niveles de consumo de nopal se incrementan (López, 1999; Flores y Aguirre, 1992)

Lozano (1958), menciona que en los estados de Tamaulipas y Nuevo León es común alimentar al ganado con nopal. Mejorando los niveles de lanolina en la lana al consumir una dieta diaria de siete Kg. de nopal (base real), los ovinos adultos pueden llegar a consumir de nueve a diez Kg. por día (base real), de nopal forrajero como única ración, siendo la planta de nopal insuficiente para llenar los requerimientos de los animales. Se considera que el consumo de nopal por ovinos productores de leche ayuda a ser más digerible la

leche para las crías, ya que contiene menos grasa, además de que conservan su peso.

En bovinos estabulados, productores de leche, el consumo de nopal varia dependiendo de la ración de nopal suministrada, que puede estar compuesta por alfalfa en verde, acicalada o enficada; por sorgo forrajero o ensilado; por harinolina, cascarilla de algodón, esquilmos de cultivos de la región como: paja de trigo, avena y cebada; por rastrojo de maíz y tazol de frijol. Las raciones pueden variar de 15 a 95 Kg. de nopal en verde por día. Cuando el nopal sustituye parcialmente a la alfalfa en vacas holstein se recomienda de 20 a 30 % de nopal en la ración (López, 1999).

SISTEMAS DE COSECHA

En los estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas y San Luis Potosí, se encuentra muy arraigado el uso del nopal forrajero por los ganaderos en la alimentación de (bovinos, caprinos y ovinos), y en los estableros (establos lecheros con bovinos y poco frecuente con caprinos), que usan diferentes métodos de cosecha, de entre los cuales los más comunes son : a).- Sistemas de cosecha por ganadería extensiva. En el cual se cosecha el nopal por los animales (vacunos, caprinos, ovinos y fauna silvestre) en ranchos ganaderos y ejidos, y b).- Sistema de cosecha intensiva la cual es utilizada por los estableros que compran el forraje por camiones de 8 hasta 10 ton. Esta es cosecha en forma intensiva en periodos que se les vende el nopal a intermediarios. En este

caso el nopal se extrae de poblaciones naturales (Maldonado y Zapien, 1977; Palomo, 1963; Fuentes, 1992).

Sistema de cosecha en ganadería extensiva. Se refiere a la cosecha directa por los animales, que lo consumen con todo y espinas, lo cual les causa serios problemas en el hocico, ojos e incluso la muerte por inanición, al no poder tragar alimentos. Generalmente sucede en grandes ranchos donde se utiliza el nopal forrajero de forma *in-situ* por los bovinos, caprinos, ovinos y la fauna silvestre (López, 1998).

Despunte. Consiste en despuntar las pencas con una cuchilla, cortándoles el ápice donde se localizan la mayor parte de las espinas, facilitándole al animal consumir las pencas con todo y espinas. Lo realizan los vaqueros y pastores en el campo, pero no es recomendable por que mucha planta se desperdicia (López, 1998).

Chamuscar en pie. Este sistema consiste en chamuscar la planta para posteriormente ser consumida por el animal, llegan a consumirlo al ras del suelo lo que generalmente causa la muerte de la planta, es un sistema destructivo. En el caso de los pastores de caprinos y ovinos, pastorean sus animales en gramíneas pero donde localizan una planta de nopal, la chamuscan con sus chamuscadores de gas o petróleo, con el fin de quemarle las espinas y puedan ser consumidas por los animales (Rodríguez, 1990; López, 1988).

Corte y chamusque *in-situ*. En esta practica se cortan las pencas y se chamuscan *in-situ*, quemando las espinas con leña o con chamuscador. Se cortan las pencas con machete y posteriormente se ofrecen al ganado en pequeños trozos (López, 1998).

Se recomienda establecer áreas con propósitos especiales, con el fin de amortiguar los problemas de falta de forraje en el invierno o sequías prolongadas, estableciendo especies nativas tales como el nopal (*Opuntia spp*), costilla de vaca (*Atriplex spp*), maguey (*Agave spp*) y mesquite (*Prosopis spp*) entre otras, que pueden producir en condiciones extremas de sequía (López, 1998).

Cuando se apoya en las nopaleras naturales para satisfacer las necesidades de forraje en los establos lecheros la manera de explotarlo es destructiva, por la herramienta con que se hace, que generalmente son azadón o talache, cortando al ras o en ocasiones con todo y raíz. Acarreando con esto problemas de deforestación e incrementando el proceso de desertificación, de por sí grave en las zonas áridas y semiáridas (López y Elizondo, 1988; Flores y Aguirre, 1992).

MANEJO E IMPACTO ECOLÓGICO DEL NOPAL FORRAJERO

El nopal posee ciertas características que lo hacen una planta importante, tales como: la facilidad de establecimiento, la protección 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, es tolerante al frío y al calor, se adapta fácilmente a diferentes tipos de suelos, no compite con los pastos por su sistema radicular, bajo costo de mantenimiento y alta disponibilidad (Fuentes, 1997).

Los nopales nativos, se cosechan generalmente de las nopaleras naturales, son plantas de porte arbustivo y se utilizan, principalmente como forraje. Se estima que el nopal forrajero ocupa actualmente una superficie aproximada de 282,984 Km², compuesto principalmente por nopaleras difusas, ya que las áreas con poblaciones densas las han desmontado y transformado en zonas de temporal. Es tan alta la tasa de extracción de las nopaleras naturales, que la destrucción de estos ecosistemas esta provocando una acelerada desertificación (Marroquín *et al.*, 1964; López *et al.*, 1982).

Clasificación taxonómica (Britton y Rose), según Bravo (1978).

REINO: *Vegetal*

SUBREINO: *Embryophita*

DIVISIÓN: *Angiospermeae*

CLASE: *Dicotiledoneae*

SUBCLASE: *Dialipétala*

ORDEN: *Opuntiales*

FAMILIA: *Cactaceae*

SUBFAMILIA: *Opuntioideae*

GÉNERO: *Opuntia*

SUBGENERO: *Platyopuntia*

ESPECIE: *spp.*

Especies Tratadas y su Descripción

***Opuntia cantabrigiensis* (Linch).**

Son plantas arbustivas redondeadas de 1 a 2 metros de altura, con artículos orbiculares hasta obovados de 12 a 20 cm de longitud, de color verde azulado a pálido, aréolas grandes y distantes con fieltro moreno, tienen de 3 a 6 espinas o más, aciculares algo extendidas, amarillas con la base rojiza de 1 a 1.5 cm de longitud, numerosas glóquidas, grandes, amarillentas o amarillo intenso.

Se distribuye en el matorral desértico micrófilo de *Larrea tridentata*, en áreas de escasa vegetación, y al igual que la *O. imbricata*, se encuentran a orillas del camino. En altitudes de 1800 a 2350 msnm y pendientes de 5 y 6 % (Bravo, 1978).

***Opuntia ficus indica* (Linne)**

Es una planta arborescente de 3 a 5 m o más de altura. Posee un 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, formando una copa con sus ramas. 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. Las espinas, cuando existen son escasas y pequeñas; gloquidas mas o menos numerosas, amarillas, caducas.

Presentan 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. El fruto es oval, de 5 a 10 cm de largo y de 4 a 8 cm de diámetro, amarillo, anaranjado, rojo o purpúreo, con abundante pulpa carnosa, algo umbilicado. Sus frutos y artículos tiernos son comestibles.

Se distribuye ampliamente en las poblaciones del altiplano Mexicano, y también en los estados de México, Puebla, Oaxaca y otros (Bravo, 1978).

***Opuntia imbricata* (Haworth).**

Son plantas arbustivas que llegan a medir hasta 5 metros de altura, poseen un tronco, de unos 10 cm de diámetro, bien definido, con ramas más o menos abundantes; tienen ramas primarias escasas, muy largas casi tan gruesas como el tronco, artículos de 12 a 35 cm de largo; areolas grandes con glóquidas escasas; numerosas espinas, de 10 a 20 por areola, extendidas en todas direcciones, miden de 1 a 3 cm de largo, son de color café rojizo moreno hasta rosado, casi aciculares pero algo aplanadas, fuertemente barbadas, con vainas blanquecinas, papiraceas y persistentes.

Se localiza en el matorral desértico microfilo de *Larrea tridentata*, así como en encinar arbustivo, matorral crasicale de *Opuntia spp.*, *O. streptacantha* y *Myrtillocactus geometrizans*, así como 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 %.

Es una buena indicadora del mal manejo o de disturbios en los agostaderos, y frecuentemente se observa en las orillas de los caminos (Hernández, 1985). Se emplea como forraje para los animales, en épocas críticas o de sequías prolongadas (Bravo, 1978).

***Opuntia lindheimeri* (Engelmann) var. *tricolor* (Griffiths).**

Planta arbustiva, con artículos determinados, obovados, aplanados, que miden de 17.5 a 20 o 25 cm de largo, y de 15 a 17.5 o 20 cm de ancho; presenta de 1 a 3 o hasta 6 espinas, presentes en casi todas las aréolas, de 5 a 7.5 cm de largo, amarillas con base no rojiza. Se distribuye en los condados de Webb, Zapata, Duval y Cameron, del estado de Texas, en los llanos cercanos al río Grande; así como en México, Coahuila y Tamaulipas (Bravo, 1978).

***Opuntia lindheimeri* (Engelmann) var. *subarmata* (Griffiths) Elizondo y Wehbe.**

Son plantas arbustivas suberectas, llegan a medir hasta 1.7 m de altura por 2.4 m de diámetro; no tienen el tronco bien definido, presentan 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, basales lignificados, de 2.5 a 8 cm de grosor; aréolas, en números de 60 a 100 por artículos, de elípticas a ovadas, y de 3 a 7 mm de longitud y de 3 a 6 mm de diámetro, bastante distantes entre sí, de 4 a 5.5 cm, con fieltro blanco amarillento; gloquidas solo en el inferior de las aréolas del borde del artículo; las 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 aréolas con fieltro blanco, gloquidas amarillo oro, numerosas, pulpa de color púrpura, paredes de hasta 8 mm de grosor; semillas escasas, dicotiledoneas, de más ó menos 4 mm de diámetro, de color negro con los bordes blancos rojizos. Se distribuye en el río Grande, desde Laredo hasta el río Devil (Elizondo y Wehbe, 1987).

Valor Nutritivo del Nopal Forrajero

Es de gran importancia el tener conocimientos sobre la calidad nutritiva de las especies, que pueden ser explotadas como una fuente de forraje, en este caso el nopal forrajero es una de ellas, y ha tenido especial importancia en la alimentación humana, en los animales domésticos y fauna silvestre, sobre todo para las regiones áridas del Norte de México. La calidad nutritiva del nopal forrajero, esta considerado de regular o mala, sin embargo, la escasez y altos precios de los forrajes de mayor calidad, al igual que la disponibilidad de los mismos en épocas de invierno o sequías prolongadas, hace que su demanda crezca año con año. El nopal se considera un alimento pobre en nutrientes y fibra pero rico en agua, para los habitantes de las regiones áridas, ya que les permite subsistir y mantener a sus animales, sobre todo en la sequía (invierno), se considera como una dieta solo de mantenimiento en conjunto con esquilmos agrícolas e industriales, por no cumplir con los requerimientos nutricionales de los animales domésticos.

En un estudio que se realizó con *Opuntia engelmannii* Ramírez *et al.* (2000), obtuvieron resultados en contenido de pared celular (FDN) similares ($P>0.05$) durante las cuatro estaciones del año, con media anual de 36.9 %, para la FDA no tuvieron diferencias ($P>0.05$) entre estaciones. En estos resultados se encontraron niveles bajos de pared celular, en comparación con los zacates. Estos mismos autores, realizaron digestibilidad *in situ* para esta misma especie durante las estaciones del año, encontrando resultados que se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. 1. Dinámica estacional de las características de digestión ruminal *in situ* de la materia seca de *Opuntia engelmannii* (Fuente: Ramírez *et al.*, 2000).

CONCEPTO ¹	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Media anual
MSD %	35.5a	35.6a	35.6a	33.8b	35.4
MSPD %	78.9a	77.3a	76.3a	73.9c	76.3
TDMS	13.6a	11.7ab	11.7ab	11.4b	12.1
Lag Time (hr)	3.8	3.5	3.7	3.4	3.6
DEMS (2 %/h)	71.7a	70.4b	67.4b	67.7c	69.8

¹ Base seca. MSD= Fracción de la materia seca degradable. MSPD= Fracción de la materia seca potencialmente degradable. TDMS= Tasa de degradación de la materia seca. Lag Time= Tiempo de retardo en el inicio de la degradación de la materia seca. DEMS= Degradabilidad efectiva de la materia seca a una tasa e recambio ruminal de 2 %/h. abc= Medias en las hileras con letras diferentes no son iguales ($P< 0.05$).

Análisis bromatológicos.- Los resultados que se obtuvieron en este análisis varían mucho, ya que se ven influenciados por factores fisiológicos, edáficos, climáticos, ambientales entre otros. Desde 1906 a la fecha, se han realizado trabajos sobre esto y se observa una significativa variación entre las diferentes especies e, incluso, entre las mismas (Cuadro 2.2).

Cuadro 2. 2. Análisis bromatológico de diferentes géneros, especies y variedades de nopal (porcentajes en base a materia seca).

Genotipo	Materia Seca	Materia Orgánica	Proteína Cruda	Grasa Cruda	Fibra	Cenizas	E.L.N.	Autor
<i>Nopalea spp</i>	10.69	73.79	8.92	1.5	17.21	26.21	50.7	Griffiths y Hare, 1963
								Palomo, 1963
<i>O. chrysacantha</i>	15.52	73.45	3.54	1.1	4.32	26.55	64.43	"
<i>O. tenuispina</i>	12.45	70.2	4.42	1.04	5.14	29.8	59.52	"
<i>O. megacantha</i>	10.12	74.51	7.71	1.38	3.75	25.49	68.87	"
<i>O. rastrera</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. cantabrigiense</i>	11.89	68.46	4.79	1.09	3.7	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. lindheimeri</i>	11.57	74.5	4.15	1.03	3.02	25.5	66.25	"
<i>O. robusta</i>	10.38	81.41	4.43	1.73	17.63	18.59	57.61	Griffiths y Hare, 1963
<i>O. streptacantha</i>	16.1	79.38	3.17	1.99	18.88	20.62	55.34	"
								"
<i>O. leucotricha</i>	4.5	74	7.56	2.66	14	26	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	11.2	27.49	54.04	Baurer y Flores, 1969
<i>O. stenopetala</i>	13.24	77.87	8.84	1.74	9.14	22.13	58.16	"
<i>O. duranguensis</i>	10.34	82.94	4.51	1.29	8.23	17.06	68.91	
								Baurer y Flores
<i>O. ficus-indica</i>	11.29	86.93	3.8	1.38	7.62	13.07	74.13	1969
<i>Amarillo oro</i>								"
<i>O. ficus-indica</i>	13.36	81.55	3.66	1.76	9.18	18.45	69.95	"
<i>O. ssp</i>	10.01	-----	5.71	3.01	8.11	12.01	55.01	Villarreal, 1958
<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	
O. inbricata	10.41	-----	5.01	1.81	7.81	17.3	68.11	

(Citados por Flores y Aguirre, 1992)

Técnicas Para Medir La Digestibilidad

Digestibilidad *in vivo*.- para determinar la digestibilidad a través de esta técnica, es necesario contar con jaulas individuales de madera o metálicas que nos permitan la colección de las heces. Se recomienda un periodo de adaptación de 7 a 12 días. Los animales se deben de pesar al principio y al final de la prueba y desparasitarse antes de iniciar el periodo o tiempo de adaptación. El alimento, durante este período y durante la colección se suministra en dos raciones (mañana y tarde) y los residuos que ya no son consumidos por los animales, se deben retirar diariamente. La colección de heces se empieza dos días después de iniciar la colección de residuos de alimento y continuarse por dos días más, después de finalizar la colección de los mismos. Los residuos de alimento de cada animal deben pesarse diariamente y en una submuestra determinar MS, la cual puede utilizarse posteriormente para análisis químicos (Rodríguez y Llamas, 1990).

Digestibilidad *in Vitro*.- Este sistema de digestibilidad *in vitro*, se lleva a cabo en dos etapas, en la primera de ellas se realiza una fermentación en un sistema cerrado, en el cual los productos de la fermentación no son removidos. El proceso de la fermentación lo realizan los microorganismos que se añaden al líquido ruminal utilizado como inóculo. Sin embargo, en estas condiciones la fermentación no refleja de ninguna manera lo que sucede realmente en el rumen, por ser este un sistema abierto de condiciones muy especiales, por lo

que, es incorrecto el termino de “rumen artificial” para describir esta técnica. Con el fin de mantener el pH, optimo en la primera etapa (rango 6.7 a 7.0), y crearle las condiciones adecuadas a las bacterias ruminales especialmente las celulolíticas, se proporciona una solución amortiguadora del pH, que simula la saliva del rumiante. En la segunda etapa de la técnica se realiza una digestión con pepsina, en un medio acido, añadiendo HCl, se elimina la proteína microbiana existente dejando únicamente la materia seca no digerida, lo que sucede en esta etapa se compara a lo que sucede en el abomaso (Llamas y Tejada, 1990).

Digestibilidad *in situ*.- Para determinar la digestibilidad del alimento o ingredientes a evaluar, mediante esta técnica se requiere disponer de rumiantes fistulados, para poder introducir las muestras del alimento. Estas muestras de alimento con peso y composición conocidas mediante el análisis se colocan en bolsas de nylon con porosidad que permita la entrada de los microorganismos existentes en el liquido ruminal y les permitan actuar sobre las muestras, posteriormente se mide la desaparición a través de intervalos periódicos, en un tiempo aproximado de 96 horas, este tiempo es variante, para que actúe el liquido ruminal, pasando a evaluar el tiempo y cambios en la composición (Llamas y Tejada, 1990).

Esta técnica presenta grandes ventajas sobre la técnica *in vitro*, porque los microorganismos se encuentran en su ecosistema natural para realizar la digestión, además, es más barata que la *in vitro*, otra ventaja que presenta una

visión más amplia de la degradación de los componentes nutricionales a través del tiempo; ya que los métodos *in vivo* e *in vitro* solo proporcionan una cifra (Tejada, 1993).

Sistema de Fracción de Fibra (Van Soest et al., 1966).

Se basa en la separación de los alimentos vegetales en diferentes fracciones o “entidades” de acuerdo a su composición química y valor nutritivo. Las separaciones se llevan acabo con solubilizaciones a través de detergentes y otros reactivos. Se recomienda para analizar a fondo diferencias en la composición de la fibra de los forrajes y su relación con la digestibilidad por los rumiantes, y es especialmente útil en el estudio de la respuesta de esquilmos agrícolas a tratamiento químicos. Es muy flexible y puede utilizarse en varias secuencias de acuerdo a necesidades específicas (Van Soest, 1982).

En este sistema la principal separación se logra con el uso de un detergente con pH neutro, para poder obtener las paredes celulares (FDN), que corresponden a la fibra real de un forraje, y cuya disponibilidad depende en gran parte de la cantidad de lignificación de la planta. El contenido celular que esta libre de lignina y que tiene una disponibilidad casi completa para el animal, se estima por diferencia (Van Soest, 1967; Van Soest y Wine, 1976).

El consumo de alimento por el animal esta relacionado negativamente con la FDN que es la que da la estructura a la planta. Esto se debe a que el volumen de un forraje, no se reduce sensible mente en el proceso de digestión, ya que en este proceso no se destruye la estructura de la pared celular. El proceso de molienda o rumia provocara una disminución en el tamaño de la partícula y volumen del mismo, el pasaje de alimento al tracto anterior será más fácil y de esta manera se incrementara el nivel de consumo del alimento (Van Soest, 1976).

El determinar la FDA de un alimento nos ayuda a obtener la hemicelulosa por diferencia, que nos sera útil para obtener la celulosa y lignina. Esta ultima se relaciona negativamente con la digestibilidad de un forraje (Morrison, 1979; Van Soest,1976). Se han encontrado buenas correlaciones entra la FDN y el consumo voluntario, entre más alta sea la FDN menor será el consumo voluntario. La FDA por su parte a sido asociada con la digestibilidad y la DIVMS con la digestibilidad *in vivo* (Tejada, 1992).

Componentes del nopal

Agua.- El nopal a través del tiempo a tenido que adaptarse a las condiciones extremas que caracterizan a las zonas áridas y semiáridas del Norte de México, por lo que, se a convertido en una fuente de almacenamiento de agua administrándola celosamente durante los meses de sequía. En pencas jóvenes y cultivadas menores de un año (*O. ficus-indica*), el contenido de agua puede

variar hasta un 93 %. Y en variedades silvestres (*O. imbricata*) varía hasta en 70 % en épocas de sequía (López, 1998).

Sales minerales.- Es importante conocer el contenido de cenizas de los nopales, sin embargo, son pocos los estudios que se han realizado tanto en el país como en el mundo; de los pocos reportes que existen, son los citados por Bravo (1978) en su libro las Cactáceas de México.

Los componentes principales de las cenizas del nopal son Calcio y Potasio; según los reportes, Magnesio, Sílice, Sodio se encuentran en menor proporción, y el Hierro, Aluminio en mínimas cantidades. Predominando en forma de carbohidratos, aunque también se encuentran como cloruros, sulfatos y fosfatos (López, 1998).

Digestibilidad

La digestibilidad de un alimento nos indica las cantidades o porcentajes que el animal aprovecha del alimento que consume. La cantidad de los nutrientes digestibles del nopal forrajero, son variables en relación a la época del año (Cottier, 1934, citado por Flores y Aguirre, 1992). Esta relación es indirecta por los factores ambientales y fisiológicos que son fundamentales en la determinación del crecimiento y desarrollo de las plantas en las cuatro estaciones del año y a través de los años son muy variables; esto es lo que realmente afecta el valor nutritivo (cuadro, 2.3 y 2.4). (Revuelta, 1963).

Morrison (1956), realizó ocho experimentos con una variedad de nopal (*Opuntia spp*), en los que determino los siguientes valores del coeficiente de digestibilidad, que se presentan en el siguiente cuadro 2.5.

Cuadro 2.3. Variación en el contenido de nutrientes digestibles del nopal inerme (sin espinas).

Epoca	PC	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

(Cottier, 1934, Citado por Flores y Aguirre, 1992).

Cuadro 2.4. Nutrientes digestibles en las pencas de diferente edad y especie nopal.

Variedad	PC	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	0.15	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

(Revuelta, 1963).

Cuadro 2.5. Coeficiente de digestibilidad del nopal (*Opuntia spp*) en porcentaje.

Proteína cruda	Grasa cruda	Fibra	E.L.N.
44	72	40	78

(Morrison, 1956).

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 encuentra 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 con 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. La 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* Engelmann variedad *subarmata* (Griffiths).

Se seleccionaron tres plantas de cada especie a las cuales se les cortaron pencas (cladiodos) cada mes durante la estación de Invierno. 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 sustratos de cada especie. Fueron molidas para posteriormente ser analizadas en el laboratorio.

Procedimiento Experimental

En la determinación de la cinética de la digestión de la fibra de los forrajes se utilizó la técnica de digestibilidad *in vitro* descrita por Tilley y Terry (1963) con la modificación de Goering y Van Soest (1970) en la cual se interrumpe a diferentes tiempos de incubación (4, 8, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 y 96 horas) analizando a cada uno de los respectivos residuos de la fermentación la fibra en detergente neutro (FDN), incubadas por duplicado con un testigo para cada tiempo, y determinando la FDN original de cada muestra como ajuste.

Además se realizó el análisis bromatológico de acuerdo al AOAC (1980) y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y materia orgánica (DIVMO) (Tilley y Terry, 1963).

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 cinco tratamientos e igual número de repeticiones (3).

Para la cinética de la digestión se considera el residuo de 96 horas como la extensión máxima de la digestión o Fibra Potencialmente Indigestible (FPI) y la diferencia con el resultado de FDN original de las muestras es la Fibra Potencialmente Digestible (FPD). La tasa de degradación (kd) se obtiene transformando los datos obtenidos de la FPD residual en logaritmos naturales (LN) en cada tiempo de incubación. La pendiente obtenida corresponde a la kd.

A continuación se describe el modelo de regresión lineal simple empleado en este estudio.

$$\gamma_i = \beta x_i + \alpha + \varepsilon_i$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n.$$

$$\varepsilon_i = \text{NI}(0, \sigma^2).$$

Donde:

γ_i = logaritmo natural de los residuos (%) de FPD del i ésimo tiempo de incubación *in vitro*.

x_i = i ésimo tiempo (h) de incubación *in vitro*

β = coeficiente de regresión. Tasas de degradación (kd) de las paredes celulares (FND) de los forrajes.

α = intercepción al origen.

ε_i = variable aleatoria a la cual se asume distribución normal con media cero y varianza σ^2 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Bromatológico

En el cuadro 4.1 se muestran los resultados del análisis bromatológico de las especies estudiadas, indicando que no hay diferencia ($p>0.05$) para materia seca total (MST), materia orgánica (MO), cenizas (C), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y extracto libre de nitrógeno (ELN), entre las especies cosechadas en invierno. 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 PC de 6.1%, en *Opuntia engelmannii* para la estación de invierno, aunque la mas baja se obtuvo durante la primavera (5.1%).

Haciendo comparaciones con los valores obtenidos por Martínez (1994) en especies de maguey forrajero *Agave atrovirens* (Karw) y *Agave salmiana* los cuales tuvieron porcentajes para PC de 4.96 y 5.43, EE de

1.64 y 1.58, FC 18.46 y 16.39, C 16.89 y 18.83, ELN 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 invierno.

Cuadro 4.1. Análisis bromatológico de las especies estudiadas.

CONCEPTO (%)	<i>Opuntia ficus Indica</i>	<i>Opuntia imbricata</i>	<i>Opuntia lind. var.subarmata</i>	<i>Opuntia lind. var. tricolor</i>	<i>Opuntia cantabrigiensis</i>
MST	94.35	94.33	92.8	94.13	94.1
MO	65.8	74.56	73.65	69.7	72.1
C	28.55	19.76	19.15	23.65	22
PC	8.48	8.34	3.72	4.12	4.5
EE	2.58	2.14	1.6	1.92	1.78
FC	16.58	15.67	13.07	13.52	17.42
ELN	56.19	46.18	37.54	43.21	45.7

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 orgánica mostrada en el cuadro 4.2 no tuvo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos, pero podemos apreciar que fue la *Opuntia lindheimeri var. Subarmata* la que tuvo el mayor coeficiente de digestibilidad (92.54%) y la *Opuntia lindheimeri var. tricolor* con

80.11% con el menor coeficiente. La digestibilidad de la materia seca tuvo diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos. La comparación de medias indica que la *Opuntia ficus indica* (45.04%) es totalmente diferente de la *O. cantabrigiensis* (32.21%); y la similitud entre las especies *O. ficus indica*, *O. Imbricata*, no son para *O. lindheimeri var. subarmata*, *O. lindheimeri var. tricolor* y *O. cantabrigiensis*.

Cuadro 4.2. Digestibilidad *in vitro* de las especies estudiadas

CONCEPTO	<i>Opuntia Ficus-indica</i>	<i>Opuntia imbricata</i>	<i>Opuntia lind. var. subarmata</i>	<i>Opuntia lind. var. tricolor</i>	<i>Opuntia cantabrigiensis</i>
DIVMO	84.46	80.73	92.54	80.11	85.01
DIVMS	45.04a*	41.03ab	36.33bc	34.25bc	32.21c

DIVMO= Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Orgánica

DIVMS= Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca

- 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). Los valores obtenidos mediante DIVMS por Cherney *et al.* (1993), 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 menos digestibles que los zacates y que las leguminosas en la época de invierno (37.77%).

Tasa de Degradación de las Paredes Celulares (FDN)

En el Cuadro 4.3, se observa que la tasa de degradación (kd) en *Opuntia lindheimeri* var. *subarmata* (0.40 %/h) fue mayor, siguiendo el orden descendente, *Opuntia ficus-indica* (0.12 %/h), *Opuntia imbricata* (0.12 %/h), *Opuntia lindheimeri* var. *tricolor* (0.11 %/h), *Opuntia cantabrigiensis*, (0.11 %/h). Ramírez et al. (2000), obtuvo en *Opuntia engelmannii* para la estación de invierno una tasa de degradación *in situ* de la materia seca de 11.7% y una media anual de 12.1%, aunque en el método *in vitro* da tasa más lenta de digestión, largo del tiempo de retraso (lag) y baja extensión de digestión Varel y Kreikemeier (1995). Nuestros resultados al compararse con los obtenidos por Cruz (1999) en heno de alfalfa, ensilado de maíz y paja de sorgo con tasas de 0.18, 0.61 y 0.38 %/h respectivamente; se puede advertir que la (Kd) de la especie *Opuntia lindheimeri* var. *subarmata* encontrada en este trabajo supera ligeramente la tasa de degradación de la alfalfa. Fisher et al. (1989), presenta las kd de la FDN *in vitro* de rye grass (*Secale cereale* L) de 0.16%/h en estado vegetativo y 0.04%/h maduro; avena (*Avena sativa* L) 0.13%/h forma vegetativa y 0.04%/h maduro; alfalfa (*Medicago sativa* L) 0.19%/h, en prefloración. Al comparar los resultados de estos autores tenemos que algunas de las especies de nuestro estudio tienen mayor calidad de fibra. Sin embargo, Parada (1997) obtuvo kd de la FDN por el sistema *in situ*, para heno de alfalfa 0.54%/h, rye grass 0.57%/h, heno de avena 0.62%/h, rastrojo de maíz 0.27%/h y paja de sorgo 0.20%/h; de esto se puede pensar la influencia de la calidad del forraje y de las diferencias en los métodos utilizados.

Cuadro 4.3. Tasa de degradación (Kd) de la fibra de las especies tratadas.

CONCEPTO (%)	<i>Opuntia Ficus-Indica</i>	<i>Opuntia imbricata</i>	<i>Opuntia lind. var. subarmata</i>	<i>Opuntia lind. var. tricolor</i>	<i>Opuntia cantabrigiensis</i>
FDN %	26.4	45.35	59.95	26.2	37.2
FPI %	13.17	22.7	18.57	12.41	17.76
FPD %	13.23	22.65	41.38	13.78	19.44
Kd (%h)	0.12	0.12	0.40	0.11	0.11

FDN= Fibra en Detergente Neutro.

FPI= Fibra Potencialmente Indigestible.

FPD= fibra potencialmente digestible.

En el cuadro 4.4. se aprecian los resultados de la digestión a las primeras cuatro horas de incubación, y tomando en cuenta la FDN original mostradas en el cuadro 4.3. para cada muestra correspondiente la *Opuntia subarmata* da la mayor degradación de la fibra, y en orden descendente *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia imbricata*, *Opuntia Lindheimeri var. tricolor*, *Opuntia cantabrigiensis*. Los datos en el cuadro 4.5. corroboran lo anterior en los porcentajes de Fibra Potencialmente Digestible (FPD); así también, los porcentajes a las 96 horas de incubación, en el orden descendente la mayor fue para *Opuntia cantabrigiensis*, *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia lindheimeri var. tricolor*, *Opuntia imbricata* y *Opuntia Lindheimeri var. subarmata* las cuales dieron datos de 41.38, 22.65, 19.44, 13.78 y 13.23 % respectivamente. Se considera a 96 horas el tiempo máximo de la extensión en la digestión, para los forrajes (Llamas y Tejada, 1990).

Cuadro 4.4. Fibra potencialmente indigestible (FPI) de las especies a diferentes tiempos de incubación in vitro en (hr).

Tiempos (hr)	<i>Opuntia ficus-indica</i>	<i>Opuntia imbricata</i>	<i>Opuntia lind. Var. subarmata</i>	<i>Opuntia lind. var. tricolor</i>	<i>Opuntia cantabrigiensis</i>
4	26.09	32.80	50.28	23.50	28.92
8	25.09	30.12	45.52	25.04	26.91
12	19.59	30.21	37.38	20.12	24.96
24	18.30	23.24	31.42	21.70	25.16
36	18.04	24.99	30.70	19.16	23.15
48	17.57	25.20	29.95	17.30	24.41
60	15.54	24.24	24.08	17.70	24.66
72	16.32	22.77	23.85	17.39	20.07
84	14.72	22.30	22.40	16.10	19.30
96	13.17	22.70	18.57	12.42	17.76

Cuadro 4.5. Fibra potencialmente digestible (FPD) de las especies a diferentes tiempos de incubación in vitro en (hr).

Tiempos (hr)	<i>Opuntia ficus-indica</i>	<i>Opuntia imbricata</i>	<i>Opuntia lind. var.subarmata</i>	<i>Opuntia lind. var. tricolor</i>	<i>Opuntia Cantabrigiensis</i>
4	0.31	12.55	9.67	2.70	8.28
8	1.31	15.23	14.43	1.16	10.29
12	6.81	15.14	22.57	6.08	12.24
24	8.10	22.11	28.53	4.50	12.04
36	8.36	20.36	29.25	7.04	14.05
48	8.83	20.15	30.00	8.90	12.79
60	10.86	21.11	35.87	8.50	12.54
72	10.08	22.58	36.10	8.81	17.13
84	11.68	23.05	37.55	10.10	17.90
96	13.23	22.65	41.38	13.78	19.44

Se transformaron logaritmicamente los datos de fibra potencialmente digestible (FPD) obtenidos de los diferentes tiempos de incubación *in Vitro*, y mediante regresión lineal se obtuvo un modelo, en el cual β representa la tasa de degradación de la fibra para cada especie de nopal estudiados (Figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5).

En estas mismas figuras se observa la evolución de la digestión en los tiempos de incubación. Para la especie *Opuntia imbricata* la gráfica deja ver que al tiempo de 84 horas, la Fibra Potencialmente Digestible deja de ser relativamente digestible; no siendo así para la *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia lindheimeri* var. *subarmata*, *Opuntia lindheimeri* var. *tricolor* y *Opuntia cantabrigiensis* las cuales a el tiempo máximo de digestión mostraron disminución.

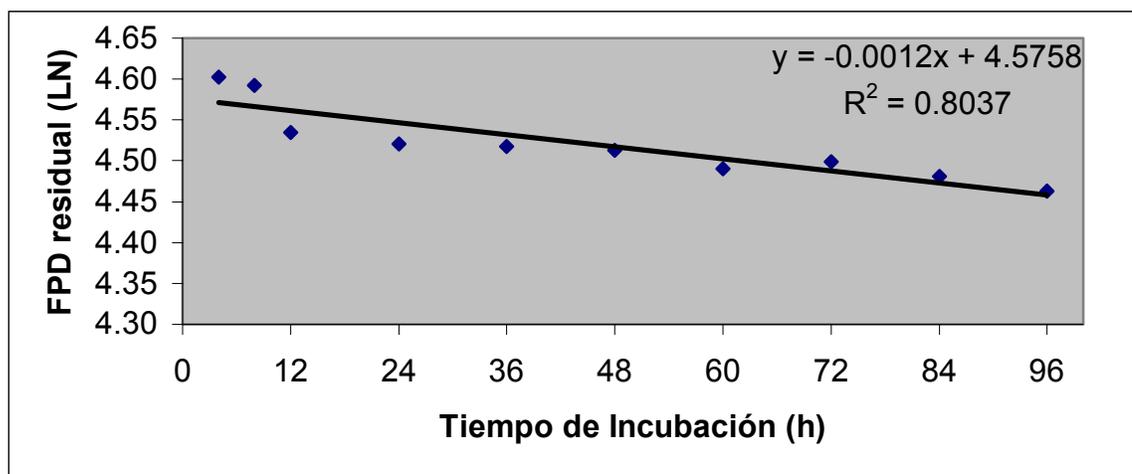


Figura 4.1. Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de *Opuntia ficus-indica* a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

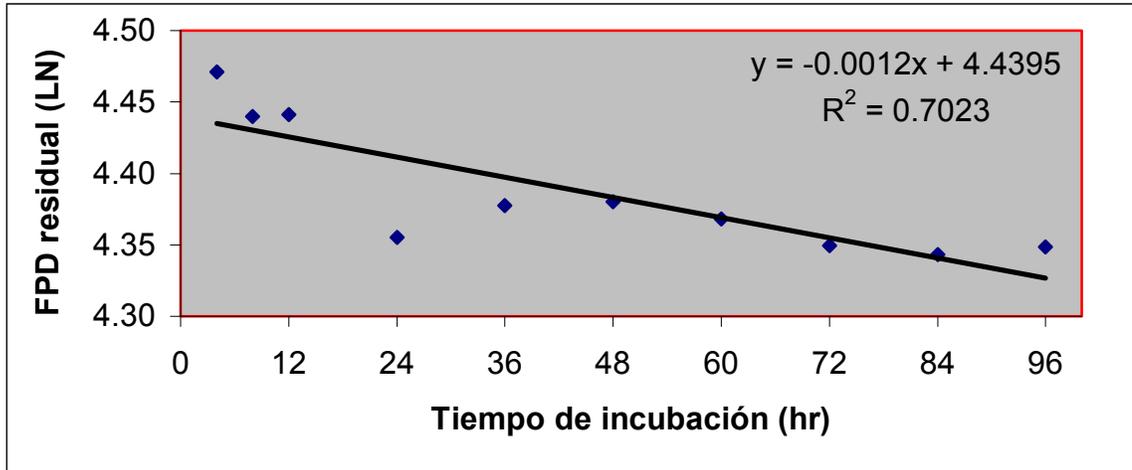


Figura 4.2. Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de *Opuntia imbricata* a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

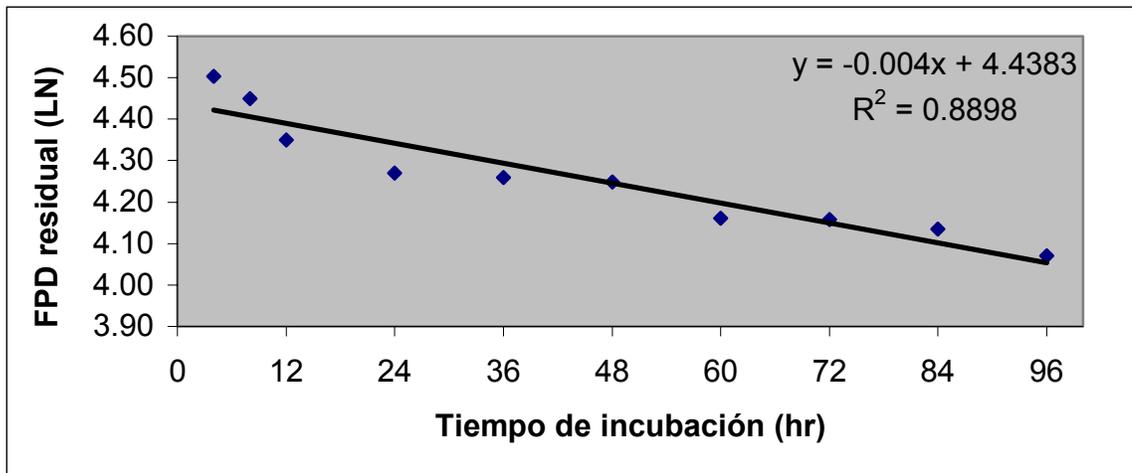


Figura 4.3. Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de *Opuntia lindheimeri* var. *subarmata* a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

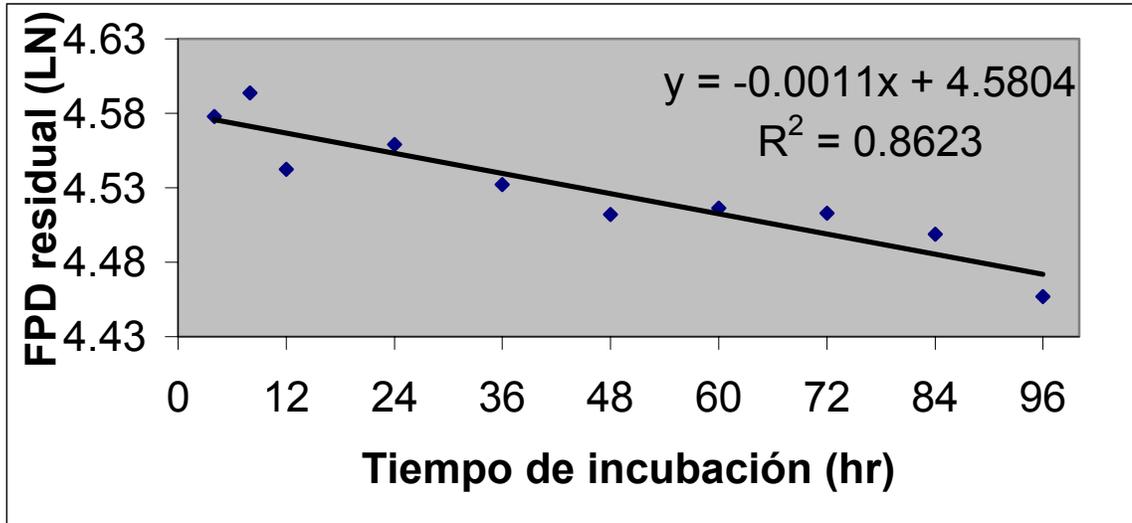


Figura 4.4. Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de *Opuntia lindheimeri* var. *tricolor* a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

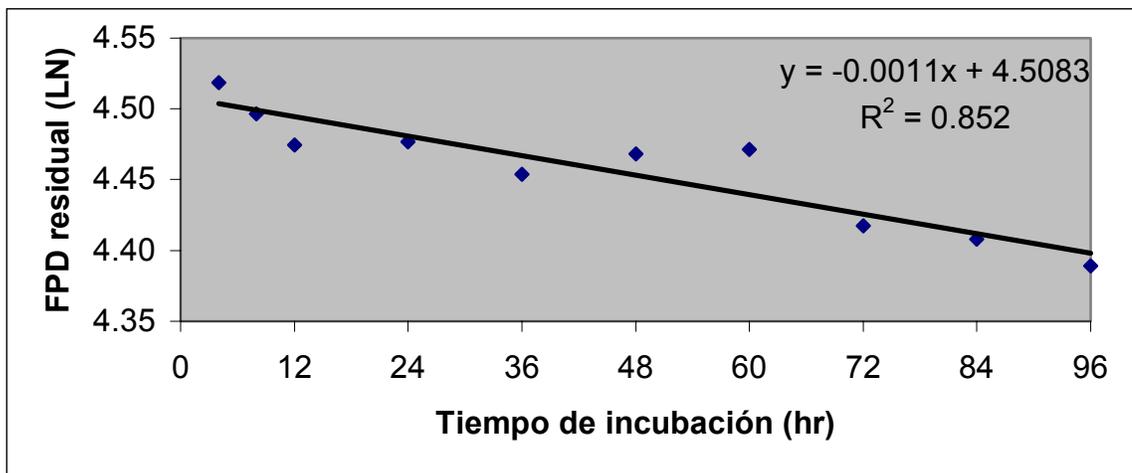


Figura 4.5. Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de *Opuntia cantabrigiensis* a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo, llevan a concluir lo siguiente:

Por su contenido nutricional, todas las especies estudiadas en este trabajo pueden ser utilizadas en las dietas de mantenimiento, puesto que cubren parcialmente los requerimientos de los rumiantes, principalmente en épocas críticas (inviernos y sequías prolongadas).

La *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia imbricata* y la *Opuntia lindheimeri* var. *subarmata* son las que tienen mejor digestibilidad de la materia orgánica y materia seca.

Por lo anterior y por tener mayor tasa de degradación la *Opuntia ficus indica*, *Opuntia imbricata* y la *Opuntia lindheimeri* var. *subarmata* son las mas adecuadas, para incluirlas en las dietas de los rumiantes.

RESUMEN

En el Norte de México se localizan dos extensas regiones consideradas como las más áridas, conocidas como Desierto Chihuahuense y Desierto Sonorense, ocupando el 50% del territorio nacional aproximadamente; donde el nopal se ha convertido en una importante fuente productora de forraje en la alimentación del ganado y fauna silvestre en épocas críticas en inviernos prolongados por lo anterior es de suma importancia conocer las propiedades nutritivas de éste recurso forrajero, se condujo este estudio en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Las muestras de material biológico, correspondientes a cactáceas del género *Opuntia* (*O. ficus-indica*, *O. imbricata*, *O. lindheimeri* var. *subarmata*, *O. lindheimeri* var. *tricolor* y *O. cantabigiensis*.), se colectaron en invierno, en áreas aledañas a esta entidad, a las cuales se les practico un análisis proximal (sistema AOAC), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y materia organica (DIVMO) (técnicas de Tilley y Terry, 1963), fibra en detergente neutro (FDN), y estudio de la tasa de degradación de la fibra *in vitro* (técnicas Tilley y Terry, 1963 con las modificaciones de Goering y Van soest. 1970).

Se utilizó un novillo canulado ruminalmente, alimentado con una dieta a base de avena de mediana calidad, del cual se obtuvo el inoculo.

Los resultados del análisis proximal, se analizaron estadísticamente en un diseño completamente al azar, con igual número de repeticiones en cada tratamiento, no obteniéndose diferencias ($p>0.05$) entre especies. Para la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica y la materia seca, también se analizaron completamente al azar, con igual número de repeticiones para cada tratamiento, dando que la materia orgánica se digiere igual ($p>0.05$) en todas las especies; pero, la materia seca tuvo mayor digestibilidad para la *Opuntia ficus-indica* con (45.04%) y menos en *Opuntia cantabrigiensis* con (32.21%).

La tasa de degradación de la fibra (Kd) para cada especie, se obtuvo por la incubación de las muestras con líquido ruminal e interrumpidas a tiempos de 4, 8, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96 horas. A la fibra potencialmente digestible (FPD) se transformó logaritmicamente y mediante regresión lineal se graficó dando una pendiente, que corresponde a la Kd/h. En los resultados se observa que la tasa de degradación de la *Opuntia lindheimeri var. subarmata* (0.40 %/h) fue mayor, siguiendo en orden descendiente, *O. ficus-indica* (0.12 %/h), *O. imbricata* (0.12 %/h), *O. lindheimeri var. tricolor* (0.11 %/h) y *O. cantabrigiensis* (0.11 %/h).

Con estos resultados, se observa que la *Opuntia lindheimeri var. subarmata*, *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia imbricata* son las que superan a las demás especies estudiadas en cuanto a DIVMS y DIVMO, así como en la tasa de degradación de la fibra.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1980. Official methods of Analysis of the association of official Analytical Chemist. Washington, D. C. USA.
- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Instituto de biología de la UNAM. México.
- Cantú B.J.E. 1984. Manejo de Pastizales, Depto. de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
- Cherney, D. J. R. ; J. H. Cherney and R. F. Lucey. 1993. *in vitro* Digestión Kinetics and Quality of perennial Grasses as influenced by Forage Maturity . J. Dairy Sci. 79: 790-797.
- Cruz R. C. 1999. Tasa de degradación *in vitro* de la fibra de algunos forrajes de uso común. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 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* Engelm. En: Cact. Suc. Mex. 32: 16-18.
- Fisher, D.S.; J.C. Burns and K. R. Pond. 1989. Kinetics of *in vitro* Cell-Wall Dissappearance and *in vivo* Digestion. Published in Agron. J. 81: 25-33.
- Flores V., C. A.; y J. R. Aguirre R. 1992. El nopal como forraje. Segunda edición. Dirección del patronato universitario, dirección de difusión cultural. UACH. Chapingo, Texcoco, México.

- Flores, V. C. A. y J. R. Aguirre, R. 1992. El Nopal Como Forraje. Primera Edición. Imprenta Universitaria. UACH. Texcoco, México.
- Fuentes R., J. M. 1992. Feeding Prickly Pear Cactus to Dairy Cattle in Northern México. 3rd Annual Texas Prickly Pear Council Convention. Kingsville, Texas, U.S.A.
- 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 Hernández Nancy E. y Díaz Torres Yolanda. FAUANL. Monterrey, Nuevo León, México.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis. USDA. Handbook. N°. 379. U. S. government Printing Office. Washington, DC.
- Grandt R. J., and D. R. Mertens. 1992. Influence of buffer, pH and raw starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. J. dairy Sci. 75: 2762.
- Hernandez V. R. E. M. 1985. Cactaceas de san Luis Potosí, México. Departamento de Botanica de la Universidad Autonoma 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.; A. Rodríguez G. 1982. The Industrialization of Prickly Pear in The Mexican Highlands. In: Summary the 22 nd. Congress Desert Botanical Garden. Phonix, Arizona. U.S.A. 52 p.
- López G., J. J. 1998. Importancia del nopal en el norte de México: su distribución y manejo en el estado de Coahuila. En: Memoria del VI seminario de actualización en nutrición animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 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.; R. Nava C.; J. Gasto C. 1978. Establecimiento de la *Opuntia engelmannii* y *Opuntia cantabrigiensis* con Criterios de Ecocultivo Bajo Hábitos Variables. Monografía Técnico Científica. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coahuila, México. 120-173 p.
- López G.J.J. y J.L. Elizondo E. 1988. El conocimiento y aprovechamiento del nopal en México. El Nopal, su conocimiento y aprovechamiento. 3ª Reunión Nacional y 1ª Internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México. pp. 1-3.
- 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.
- 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 Profesional Association for Cactus Development. 1:10-14.
- Lozano, G. M. 1958. Contribución al estudio e industrialización del nopal. Tesis profesional. . Saltillo, Coah. México. Universidad de Coahuila. Escuela de agricultura.
- 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.
- Maldonado, J. L.; M. Zapien B. 1977. El nopal en México. Ciencias Forestales. Vol.2(5):36-53 pp. México.
- 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.
- Mendoza, H. J. M. 1983. Boletín metereológico para la zona de influencia de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Morrison, F. B. 1956. Compendio de la alimentación del ganado. UTEHA. México. 721 p.

- Morrison, I. M. 1976. The degradation and utilization of strow in the rumen. Straw decay and its effects on disposal and utilization, proc. Of a Symposium. Grasbald, E. (Eds.).
- Murillo, S. 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 . 5 th annual Texas Priskley pear Council convention. Kingsville, Texas.
- Palomo G., D. R. 1963. Datos Sobre los Nopales Utilizados como Forraje de Invierno en el Noreste de México. Tesis Profesional. Escuela de Agr. Y Gan.. I.T.E.S.M. Monterrey, Nuevo León, México.
- Ramírez L. R, G.; G, F. Alanis F. y M^a, 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.
- Revuelta, G. L. 1963. Bromatología Zootecnica y Alimentación Animal. 2^a. Ed. Salvat. Madrid. España. 1044 p.
- Rodríguez G. F. y L.G. Llamas. 1990. Digestibilidad, balance de nutrimentos, y patrones de fermentación ruminal. En: Castellanos, R. A. ; L. G, Llamas y S. A. Shimoda. (Eds.). Manual de técnicas de investigación de Rumio-logía. Sistema de educación continua en producción animal. A.C. Méx.
- Rodríguez G.A, J.J. López G., J. Valdez R. 1992. Sistemática de complejo *Opuntia lindheimeri* Engelman, en el estado de Coahuila. México. Resúmenes de 22 IOS congress. Desert Botanical Garden. Phoenix, Arizona, U.S.E. p.45.
- Tejada, I. 1993. Pruebas para evaluar la calidad de los alimentos para rumiantes. En: Ortega, C. M. y M. G. Mendoza. (Eds.). Memorias del curso internacional avanzado de nutrición de rumiantes. Colegio de postgrados. Montecillo, México, D. F.
- Tejada, I. 1992. Control de calidad y analisis de alimentos para animales. En: castellanos, R. A. ; L. G. G. Llamas y S. A. Shumoda. (Eds.). Manual de técnicas de investigación en Rumiología, sistema de educación continua en producción animal A. C. México. D. F.
- 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.

- Valdes E. V. and G. E. Jones. A. Comparicon of in vitro and in vivo dry matter digestibility techniques of the evaluation of forage quality. Canadian Journal Animal Science. Vol. 67: 573 – 576.
- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional Ecology of the RumiAnt. O α β Books Inc. Carvallis, Oregon. U. S. A.
- Van Soest, P. J. 1967. Development of a comprehensive system of feed Analisis And its application to forage. J. Anim. Sci. 26: 119.
- Van Soest, P. J. 1976. Physico – Chemical aspects of fiber digestion, proc. Of the IV. international symposium in ruminant nutrition. McDonald and Warner(Eds).
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the rumiant 2nd ed. Comstock, Cornell University Press, Ithaca, N. Y.
- Van Soest, P.J. ; R. H. Wine. 1976. Use of Detergents in the Analysis of fibrous Feeds. IV. The determinaton of plant cell wall constituents. J. Ass. Ofici. Anal. Chemists. 50:50.
- 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.
- Verel H. V. And K. K. KreiKemeier. 1995. Tecnical Note: Comparison of *in Vitro* and in situ Digestibility Methods. J. Anima. Sci. 73. 578-582.
- Welch, J.G. 1982. Animal factors affectin feed intake. En: Animal Nutrition. Ed. J. B. HoKer.