

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Determinación de la Calidad Nutritiva y la Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca de *Opuntia rastrera* y *Agave salmiana* del Municipio de General Cepeda, Coahuila.

Por:

ROBERTO AGUILAR AGUILAR

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener
el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Saltillo, Coahuila, México.

Marzo, 2015

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

Determinación de la Calidad Nutritiva y la Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca de *Opuntia rastrera* y *Agave salmiana* del Municipio de General Cepeda, Coahuila.

Por:

ROBERTO AGUILAR AGUILAR

TESIS

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

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

Ph. D. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez
Asesor Principal

Dr. Fernando Ruiz Zarate
Sinodal

Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez
Sinodal

Dr. José Buénes Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México.
Marzo, 2015

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADEMICA

El suscrito Roberto Aguilar Aguilar estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con matrícula 595918 y autor de la presente Tesis manifiesto que:

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

Atentamente



Roberto Aguilar Aguilar
Tesisista de Licenciatura UAAAN

Agradecimientos

Agradezco plenamente a Dios por permitirme respirar y permitirme ver el amanecer cada día, además de darme una familia hermosa.

A los catedráticos:

Ph.D. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez por darme la oportunidad de realizar la Tesis, por la asesoría de la misma, la paciencia y por todo el apoyo brindado.

Dr. Fernando Ruiz Zarate por participar como sinodal en la presentación de la tesis, por su confianza y sus buenos consejos.

Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez por formar parte del comité en la presentación de la tesis, por la asesoría, por la confianza y comprensión brindada.

Laura Maricela Lara López Laboratorista de producción animal, por su amistad, apoyo y paciencia.

A los amigos y compañeros de generación...

Dedicatorias

*A ella que antes de ser mi conyuque ha sido y será mi compañera de toda la vida, a ella a quien quiero y amo con todo el corazón.
Anahi Martínez Montiel*

A mi hijo "Carlitos" que es mi impulso, mi motor para seguir adelante, por él soy lo que soy.

A mi mamá Maricela Aguilar Reyes por darme la dicha de traerme al mundo, por todo el apoyo y amor que me ha brindado, más que mi madre es uno de los pilares que han trazado mi vida.

A mis abuelos: Carlos Aguilar Gutiérrez un hombre de rancho que siempre me enseñó lo bueno de la naturaleza, lo bueno de la vida, por sus consejos, por el gran apoyo económico y moral que me brindo durante mi carrera profesional y Silvia Reyes Hernández una gran mujer gracias por sus consejos y guiarme por la vida.

A mis tíos: Patricia Aguilar Reyes, Darinel Aguilar Reyes y Daniel Aguilar Reyes.

A mis hermanos Karla Iveth Gallardo Aguilar, Daniela Alejandra Gallardo Aguilar, Alex Omar Gallardo Aguilar.

INDICE GENERAL

Índice	Pág.
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.	3
1.2. Objetivos específicos.	3
1.3. Hipótesis.....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Distribución del Nopal en México.	4
2.1.1. Distribución en el Estado de Coahuila.	6
2.2. Clasificación Taxonómica.....	7
2.2.1. Características Taxonómicas.....	7
2.3. Relación Nutricional de la Planta con la Edad.	8
2.4. Relación Nutricional de la planta con la estacionalidad.	9
2.5. Consumo por los Animales.....	10
2.6. Características del Nopal.	11
2.6.1. Contenido Nutricional del Nopal.....	12
2.6.2. Aprovechamiento del Nopal.	12
2.7. El Maguey.	13
2.8. Distribución y Hábitat.	14
2.9. Clasificación Taxonómica del Maguey.	15
2.10. Descripción Botánica de los Agaves.	15
2.10.1. El maguey como forraje.	16
2.11. Digestibilidad.	18
2.11.1. Técnica In Vitro.	19

2.12. Factores que afectan la Cinética de la Digestión.	20
2.13. Fracción de la Fibra.....	21
III. MATERIALES Y METODOS	22
3.1. Localización del Área de Estudio.	22
3.2. Metodología.	22
3.2.1. Digestibilidad <i>In Vitro</i>	23
3.3. Análisis Estadístico.	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
V. CONCLUSIONES.....	39
VI. BIBLIOGRAFIA	40

INDICE DE CUADROS

No. de cuadro	Pág.
Cuadro 1. Análisis Bromatológico de varias Especies de Nopal.....	9
Cuadro 2. Composición Nutricional de la <i>Opuntia ficus indica</i>	9
Cuadro 3. Digestibilidad <i>In Vitro</i> de la Materia Seca de <i>Opuntia spp.</i> A diferentes intervalos de tiempo.....	11
Cuadro 4. Análisis Bromatológico obtenido del <i>Agave atrovirens karw</i> y del <i>Agave salmiana</i>	16
Cuadro 5. Coeficiente de Digestibilidad <i>In Vitro</i> de la materia seca y de la materia orgánica del <i>Agave atrovirens karw</i> y del <i>Agave salmiana</i>	17
Cuadro 6. Coeficiente de Digestibilidad <i>In Vitro</i> de la Materia Seca de <i>Agave salmiana</i> y <i>Agave americana</i>	17
Cuadro 7. Análisis Bromatológico de Nopal de tres Localidades del Municipio de General Cepeda, Coahuila.....	26
Cuadro 8. Análisis Bromatológico de Maguey de tres Localidades del Municipio de General Cepeda, Coahuila.....	27
Cuadro 9. Medias de la DIVMS de nopal de tres localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.....	29
Cuadro 10. Digestibilidad <i>In Vitro</i> de la materia seca (DIVMS) de nopal de tres Localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.....	31
Cuadro 11. Calculo de Degradación del nopal de tres localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.....	33
Cuadro 12. Medias de la DIVMS de Maguey de tres Localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.....	34
Cuadro 13. Digestibilidad <i>In Vitro</i> de la materia seca (DIVMS) de las muestras de Maguey de tres Localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.....	36
Cuadro 14. Calculo de degradación del Maguey de tres Localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.....	37

INDICE DE FIGURAS

No. Figura	Pág.
Figura 1. Comparación del Análisis Bromatológico del Nopal de tres localidades del Municipio de General Cepeda, Coahuila.....	26
Figura 2. Comparación del Análisis Bromatológico del Maguey de tres localidades del Municipio de General Cepeda, Coahuila.....	28
Figura 3. Comparación del Análisis Bromatológico del Nopal, Maguey y por Localidades del Municipio de General Cepeda, Coahuila.....	29
Figura 4. Grafica de medias de DIVMS, de nopal de tres Localidades del municipio de General Cepeda, Coahuila.....	30
Figura 5. Digestibilidad <i>In Vitro</i> de la materia seca (DIVMS) de nopal de tres Localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila	32
Figura 6. Comparación de los valores Observados y los Valores Ajustados de la DIVMS de las tres Localidades de Nopal.....	34
Figura 7. Grafica de medias de DIVMS, de Maguey de tres Localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.....	35
Figura 8. Digestibilidad <i>In Vitro</i> de la materia seca (DIVMS) de Maguey de tres Localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.....	36
Figura 9. Comparación de los Valores Observados y los Valores Ajustados de la DIVMS de las tres Localidades de Maguey.....	38

RESUMEN

Para la realización de este trabajo se plantearon los siguientes objetivos: Evaluar la calidad nutritiva y determinar la digestibilidad *In Vitro* de nopal (*Opuntia rastrera*) y Maguey (*Agave salmiana*) de tres ejidos del Municipio de General Cepeda, Coahuila (Loc. 1: Independencia, Loc.2: Jaralito, Loc.3: Duraznillo).

La determinación de la calidad nutritiva de estas dos especies se realizó mediante un análisis bromatológico de acuerdo a lo descrito por la A.O.A.C. (1990). Para determinar Fibra Detergente Ácida y Fibra Detergente Neutra se utilizó la metodología descrita por Van Soest (1994).

Para el análisis estadístico de la calidad nutritiva se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x3 teniendo dos tratamientos (Nopal y Maguey) con tres repeticiones (localidades: Loc. 1-Independencia, Loc.2-Jaralito, Loc.3-Duraznillo).

De acuerdo a la evaluación bromatológica de las dos especies Nopal y Maguey en las 3 localidades presentaron resultados de hasta 13% en la variable (MS). En la variable (PC) en Nopal: la localidad 1 alcanzo un 4.23%, localidad 2, 4.68%, localidad 3, 4.01%, en Maguey en la localidad 1, 5.35%, localidad 2, 4.90%, localidad 3, 5.35%; en FC en Nopal la localidad 1 presento 49.35%, localidad 2, 50.56%, localidad 3, 53.73%; y en Maguey la localidad 1, 35.83%, localidad 2, 42.35%, localidad 3, 35.41%. Todos presentaron resultados altos en fibra de modo que puede deberse a que las plantas ya se encontraban en estado maduro de tal forma que pudieron tener de tres a cuatro años.

Para evaluar la DIVMS, se utilizó la técnica de digestibilidad *In Vitro* descrita por Tilley y Terry (1963) con la modificación de Goering y Van Soest (1970), interrumpiendo a diferentes tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 horas), se utilizó el incubador DAISY.

En los datos de la DIVMS de Nopal la localidad 1 alcanzó su máxima digestibilidad a las 48h y llegando a las 72h disminuyo de 84.98% a 61.77%, la localidad 2 y 3 alcanzaron la mayor digestibilidad a las 72h con 76.01% y

77.21%; en Maguey las 3 localidades fueron más digestibles a las 72h con 90.43%, 91.12%, 86.29%. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que las dos plantas tiene una composición nutritiva adecuada y son muy digestibles, por lo que pueden ser consideradas como un alimento importante en las zonas áridas y semiáridas del país para la alimentación de rumiantes.

Palabras claves: Análisis Bromatológico, Digestibilidad *In Vitro*, *Opuntia rastrera*, *Agave salmiana*.

Correo electrónico: aguilar.f432@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas y semiáridas de México ocupan el 70% del territorio nacional, por lo general se observan periodos prolongados de sequía y cambios extremos en las condiciones agroclimáticas (Maldonado, 1983), esto hace cada vez más difícil las prácticas agropecuarias en estas zonas, así como los cultivos que se utilizan para alimentar al ganado, lo cual ocasiona baja producción de forraje, siendo que solo es producido por las especies que se han adaptado a este tipo de condiciones ecológicas, tal es el caso del nopal (*Opuntia spp*) y el maguey (*Agave spp*) que aunque se les considera con un valor nutritivo bajo son utilizados en muchas zonas como forraje de mantenimiento, ya que contiene un elevado porcentaje de agua (Maldonado,1983).

Debido a las condiciones prevaecientes en las zonas desérticas del país, es necesario desarrollar alternativas que puedan optimizar los recursos naturales disponibles en estas áreas, el uso del nopal como forraje ha funcionado para la alimentación del ganado en el norte de nuestro país (Maldonado, 1983).

Existen alrededor de 66 a 83 especies de opuntia (*Sensu Stricto*). La altiplanicie meridional es la región del país con la mayor riqueza de variantes del género, con 29 especies. También en esta altiplanicie se encuentra la especie cultivada del género. La importancia económica que ha adquirido el nopal en México, sus utilidades, su amplia variación morfológica y el interés de los fitomejoradores ha motivado el estudio de la variedad morfológica de la *Opuntia*.

Las zonas áridas cuentan con una gran cantidad de especies que con un manejo adecuado se pueden 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. En estas zonas es más común observar periodos prolongado de sequía y cambios extremos de temperatura, lo que hace difícil la producción de cultivos para la alimentación del ganado; de allí la inquietud de realizar investigaciones de la recuperación, manejo y conservación de los recursos naturales, principalmente forrajero de esta zona (Vázquez y De la Garza, 1999).

Los ganaderos de estas regiones buscan la manera de producir carne y leche al menor costo posible. Por eso, además de utilizar gramíneas nativas, buscan la manera de utilizar otros recursos forrajeros, como el nopal (*Opuntia spp*), maguey (*Agave spp*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), costilla de vaca (*Atriplex canescens*) y palma (*Yucca spp*), que generalmente crecen en estas áreas en donde el ganado sale a pastar.

De las plantas nativas que existen en esta región, el nopal es la que más se utiliza para forraje, con el inconveniente de que se coseche desconsideradamente, lo que reduce la población del nopal drásticamente (López *et al.*, 1996). Además, estas poblaciones generalmente forman parte del matorral parvifolio inerme, en la cual la distribución de las plantas es poco compacta y se asocia con el avance de la desertificación (López *et al.*, 1996).

La problemática que se genera del uso del nopal forrajero está relacionada en la forma de cosecha en el cual la mayor parte de los ganaderos lo hacen de manera inadecuada, lo cultivan con todo y raíz, lo que provoca la reducción de las poblaciones y posteriormente la desaparición de la especie en esa área. (Flores y Aguirre, 1992).

1.1. Objetivo general.

- Determinar la calidad nutritiva y la digestibilidad *in vitro* de nopal (*Opuntia rastrera*) y maguey (*Agave salmiana*) del Municipio de General Cepeda, Coahuila.

1.2. Objetivos específicos.

- Evaluar la calidad nutritiva de nopal (*Opuntia rastrera*) y maguey (*Agave salmiana*) de tres localidades del Municipio de General, Cepeda.
- Determinar la digestibilidad *In Vitro* de nopal (*Opuntia rastrera*) y maguey (*Agave salmiana*) de tres ejidos del Municipio de General, Cepeda.

1.3. Hipótesis.

- La calidad nutritiva de nopal y maguey depende de la región y de la ubicación en la que se encuentren.
- La digestibilidad *In Vitro* del nopal y maguey varía de acuerdo al tiempo de incubación.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Distribución del Nopal en México.

De acuerdo con López (1999), el nopal en México se distribuye en casi todo el País; desde el nivel del mar hasta las partes altas de las Sierras Madre Oriental y Occidental, como es la Altiplanicie del Centro y Norte donde se encuentran nopaleras importantes por su densidad y diversidad, mencionando que en los Estados del Norte es donde cobra importancia pecuaria, como los Estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.

Las especies forrajeras más importantes son: *Opuntia cantabrigensis* (cuijo) y *Opuntia lindeheimeri* (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*, aisladas o en conjunto, con densidad de hasta 600 plantas por hectáreas (Flores y Aguirre, 1992).

Marroquín *et al.*, (1964), clasifica de manera convencional tres zonas nopaleras del territorio Centro-Norte de nuestro País: Zona del Norte de México.- Norte de Tamaulipas y Sureste de Nuevo León; la vegetación es mezquite-nopal-pastizal, las especies *Opuntia* son principalmente *O. lindheimeri* y *O. engelmannii*.

- Zona Potosina-Zacatecas.- Comprende parte de Aguascalientes, Jalisco, Durango y Guanajuato; predominan matorrales *crasicaule*, principalmente *Opuntia streptacantha*, *O. leucotricha*, *O. robusta* y *O. imbricata*.
- Zona nopalera difusa.- De mayor superficie pero de mayor densidad que las anteriores; desde las calizas de San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo León, hasta Coahuila y parte 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. microdassys*.

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

- La zona Centro-Sur. Comprende los Estados de México, Puebla, Querétaro y Oaxaca, que se caracterizan por nopales de porte alto, productoras de verdura, frutas y forraje. Las especies más explotadas son *Opuntia ficus indica* (nopal de castilla), *O. megacantha* (nopal de tuna amarilla), *O. amyclaea* (nopal fafajayuca) y sus múltiples variedades, *O. tomentosa*.
- Zona de la Planicie Costera del Golfo. Comprende el Noreste de México, abarca el Norte del Estado de Coahuila, Norte de Nuevo León y Tamaulipas. En esta región crece nopal de porte arbustivo principalmente, como la *O. lindheimeri* y sus variedades.
- Zona del altiplano. Se localizan en los Estados de Zacatecas y San Luis Potosí, y en menor proporción en los Estados de Aguascalientes, Durango, Guanajuato y Jalisco, donde 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 tapon), *O. cantabrigiensis* (cacanapo), *O. leptocaulis* (tasajillo) todas ellas de importancia forrajera.
- Zona norte (desierto Chihuahuense) es 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. rastrea* (nopal rastrero) entre, todas son para fines forrajeras.

2.1.1. Distribución en el Estado de Coahuila.

Se reconocen 258 especies del género *Opuntia*, reportándose para México 104 especies de las que se encuentran en Coahuila 37 taxas, comprendidas por 25 especies y 12 variedades. Se utilizan más 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.

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*, *O. phaeacantha* var. *phaecantha*, *O. phaeacantha* var. *discata*, *O. phaeacantha* var. *sinosibaca*, *O. phaeacantha* var. *nigricans*, la región más 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: existe la *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.

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.

2.2. Clasificación Taxonómica.

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

Reino	Vegetal
Subreino	<i>Embryophita</i>
División	<i>Angiospermeae</i>
Clase	<i>Dicotiledoneae</i>
Subclase	<i>Dialipetala</i>
Orden	<i>Opuntiales</i>
Familia	<i>Cactaceae</i>
Subfamilia	<i>Opuntioideae</i>
Género	<i>Opuntia</i>
Subgenero	<i>Platyopuntia</i>
Especie	<i>spp</i>

2.2.1. Características Taxonómicas.

Familia: Cactaceae

Ésta familia se divide en 122 géneros, en tres tribus: *Pereskieae*, *Opuntieae* y *Cereeae*.

Lozano (1958), dice 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 gloquídidas y flores rotiformes; los géneros más conocidos son: *Opuntia*, *Periskiopsis* y *Nopalea*.

Solo el género *Periskiopsis* es laminar y carnoso; tubérculos prominentes, areolas circulares hasta elípticas, con fieltros, pelos, glóquidas y espinas; las

espinas son más o menos largas y delgadas, a veces con vaina papirácea. Flores diurnas y vespertinas y césiles una en cada areola.

Género: *Opuntia*.

En el género *Opuntia* se encuentran las especies de valor económico. Son plantas arborescentes, arbustivas o rastreras, simples o cespitosas; tronco bien definido, ramosos desde la base, con ramas erectas, extendidas o postradas; raíces fibrosas por lo general; artículos, cilíndricos o discoideos, 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.
- 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, esta a su vez, 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).

2.3. Relación Nutricional de la Planta con la Edad.

Un factor inherente sobre el rendimiento de materia seca (MS) y calidad nutricional del nopal forrajero es la edad de la planta con relación al lapso del corte o cosecha. Por ejemplo: Sáenz (1997), señala que el contenido de fibra en cladodios de cactáceas se incrementa con la edad de la planta, un efecto que esto pudiera tener es que la lignina pudiera contribuir a disminuir el aprovechamiento alimenticio de este recurso; sin embargo, una alternativa de solución sería que durante el corte, se realice excluyendo el segmento cilíndrico del tallo (Padrón, 2008).

Varios autores en los análisis que realizaron encontraron resultados de hasta 11.89% de materia seca, en fibra cruda muestra resultados de 3.02 a 11.51% y en proteína la *O. imbricata* dio resultados de 7.11% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis bromatológico de varias especies de nopal.

	MS%	MO%	PC%	E.E%	FC%	Cz%	E.L.N%	Autor
<i>O. 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	80.88	4.04	1.43	8.94	19.92	65.67	Bauer y Flores, 1969.

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

2.4. Relación Nutricional de la planta con la estacionalidad.

Stintzing y Carle (2005), mencionan que la composición de los cladodios de cactus varía dependiendo de los factores edáficos en el sitio de cultivo, la estación, la edad de la planta entre especies y variedades. Un aspecto básico para el uso forrajero del nopal, es la correlación entre estacionalidad y contenido principalmente de proteína, de acuerdo a Ramos *et al.*, (1998) la proteína metabolizable es el principal nutriente limitante en el crecimiento de bovinos.

Cuadro 2. Composición Nutricional de la *Opuntia ficus indica*.

Ms	Pc	FDN	FDA	Autor
21.8%	12.6%	46.6%	39.3%	Misra <i>et al.</i> , 2006
13%	5.6%	25.5%	-----	Nefzaoui y Ben Salem, 2002
17.7%	4.6%	33.8%	16.8%	Ben Salem <i>et al.</i> , 2004
12.23%	3.06%	23.08%	16.2%	Tegegne <i>et al.</i> , 2007
12%	8.3%	39.2%	26.3%	Gebremariam <i>et al.</i> , 2006

Andrade *et al.*, 2011.

La gran variabilidad que presentan las *Opuntias* en su composición, es importante, aun siendo la misma especie, siendo común el elevado contenido de humedad, minerales y el reducido contenido de proteína. Sin embargo el contenido de carbohidratos no fibrosos es de 25 al 30%, lo cual lo convierte en una adecuada fuente de fibra. (Andrade *et al.*, 2011).

Palomo (1968), menciona que en el nopal las diferencias bromatológicas entre una especie y otra son muy variables y presenta la composición en porcentaje de diferentes especies, menciona que las especies de nopal presentan bajo contenido de proteína.

2.5. Consumo por los Animales.

Es muy importante conocer los niveles de consumo por los animales, ya que la producción de estos, se basa tanto en la calidad como en la cantidad de nutrientes consumidos. Dependiendo de la forma que el nopal se suministre a los animales, va a ser la cantidad de nopal consumida. Se calcula que un vacuno consume entre 20 y 40 kg/día, dependiendo de la época del año (invierno, sequía o lluvias), los ovinos y caprinos en agostadero, consumen entre 3 y 9 kg de nopal por día (López, 1999; Flores y Aguirre, 1992).

En los Estados de Tamaulipas y Nuevo León es común proporcionar nopal a los ovinos, donde con 7 kg por día mejora la lanolina en la lana. Ovinos adultos pueden llegar a consumir de 9 a 10 kg/día de nopal como única ración, los bueyes de labor consumen de 50 a 90 kg/día si no disponen de otro alimento (Lozano, 1958).

Flores y Aguirre (1992), mencionan que vacas Jersey suplementadas con 1 kg. de harinolina consumían 50.6 kg de nopal por vaca por día mientras que las vacas Holstein consumían hasta 75.0 kg/día.

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 la productividad.

Espinosa (2011), en su trabajo de investigación realizando la digestibilidad *In Vitro* de la *Opuntia spp* utilizando los diferentes tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72h), en donde encontró que la *Opuntia* alcanzo su máxima digestibilidad a las 48h con un 90.05% y a las 72h disminuye a un 84.82%, resultando ser muy digestible (Cuadro 3).

Cuadro 3. Digestibilidad *In Vitro* de la materia seca de *Opuntia spp*. A diferentes intervalos de tiempo (Espinosa, 2011).

Tratamiento	% de Digestibilidad
1	39.51 ^a
2	46.31 ^b
3	65.48 ^c
4	68.78 ^d
5	75.57 ^e
6	90.05 ^f
7	84.82 ^g

2.6. Características del Nopal.

De acuerdo con Fuentes (1997), 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.

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, 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 que puedan ser consumidas por los animales. Otra práctica, es cortar las pencas y chamuscarlas con leña para ofrecerse al ganado sin espinas (López *et al.*, 1996).

2.6.1. Contenido Nutricional del Nopal.

La calidad nutritiva del nopal depende de varios factores, siendo algunos, como aspectos genéticos, es decir, variedades artificiales o naturales, estado de madurez y edad de la planta, estación del año, manejo o frecuencia del corte, altura, intensidad de la cosecha, efecto del clima tales como la temperatura, humedad, radiación solar, factores físicos y químicos del suelo. (De Alba, 1971).

2.6.2. Aprovechamiento del Nopal.

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

- 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.
- Cortar las ramas y chamuscarlas de ambos lados, se pica antes de darlas al ganado.
- Cortando sólo el borde de la penca donde hay mayor cantidad de espinas y ofrecerlo al animal.

- Chamuscar en pié o cortados, con chamuscador.
- Usando picadora de nopal.
- Cocción en calderas; ésta es utilizada en los Estados Unidos, en México no se usa dado su alto costo.
- Dejar fermentar el nopal picado, con el objetivo de ablandar las espinas.

Las formas tradicionales que se utilizan para cosechar el forraje en las nopaleras naturales, son destructivas, ya que se destruye la planta al extraer y porque se tiene mayor extracción que recuperación, debido a que se carece de sistemas de manejo ecológico; con tal sobreexplotación (Fuentes y Murillo, 1996), visualizan un futuro con mayor desertificación para estas zonas, y proponen utilizar el nopal para reforestar las zonas desérticas del Norte de México, para evitar un posible desastre ecológico.

2.7. El Maguey.

Uno de los recursos que ha cobrado una importancia relevante, sobre todo en las comunidades de las zonas áridas y semiáridas que es donde mejor prospera, son las especies del género *Agave*. El maguey, como comúnmente se le conoce.

Maguey es el nombre popular con el que se conocen las especies del género *Agave* desde los tiempos prehispánicos (Gioanetto y Franco, 2004). Su cultivo se origina en los centros de población de Mesoamérica posteriores a la conquista. En el Norte del País (Durango y Coahuila) se inició cuando los españoles colonizaron dicha zona (Gentry, 1982).

Este se hace notar por la importancia que adquiere desde el punto de vista agroecológico y socioeconómico por los múltiples usos de que es objeto, dependiendo de la región donde se ubique, que van desde su empleo como leña hasta ornamental.

2.8. Distribución y Hábitat.

Los Agaves son plantas siempre verdes cuyas características fisiológicas y morfológicas les confieren una notable capacidad de adaptación a los ambientes más hostiles. Es precisamente en estos ambientes donde se desarrollan y multiplican fácilmente, proporcionando una productividad más alta que muchas de las plantas cultivadas utilizadas actualmente.

El género *Agave* es originario de Mesoamérica, distribuyéndose desde los 34° Latitud Norte hasta los 60° Latitud Sur; coincidiendo en nuestro País el centro de origen con el centro de diversidad de especies.

Los *Agaves* son plantas que pueden encontrarse en gran diversidad de hábitats, desde los valles y planicies hasta cerros y laderas pedregosas, incluyendo lugares montañosos de gran altitud. Se desarrollan mejor, tanto a nivel individual como poblacional, sobre planicies extensas con suelos aluviales, de profundidad y textura medias y pH de neutro a ligeramente alcalino. Conviven también con variados tipos de vegetación, destacando entre otros: la vegetación xerófila, pastizales, matorrales, bosques, etc. Generalmente forma grupos o conglomerados dispersos dentro de la vegetación de pastizal y se le encuentra combinado con nopaleras y matorral micrófilo. Puede encontrársele lo mismo en sitios con altitudes de 300 msnm, que en lugares situados a más de 3000 msnm (Gentry, 1982).

México es considerado centro de origen y de diversidad de los *Agaves*. No se tiene claro cuántas especies se han documentado actualmente, algunos autores mencionan que se han reconocido 166, otros 200 y algunos más mencionan hasta 273, diferentes especies de *Agaves* (magueyes) en el Continente Americano, distribuidas una pequeña parte de Estados Unidos, México, América Central y América del Sur. Se considera que el 75% de todas las especies se encuentran en nuestro País y 55% crecen exclusivamente aquí, lo que muestra la gran importancia biológica del territorio nacional para los *Agaves*. (Granados, 1993; Illsley *et al.*, 2004; CONABIO, 2005).

2.9. Clasificación Taxonómica del Maguey (Martínez, 1979).

Reyno	<i>Plantae</i>
Filo	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Aparagales</i>
Familia	<i>Agavaceae</i>
Género	<i>Agave</i>
Especie	<i>Salmiana</i>

2.10. Descripción Botánica de los Agaves.

Son plantas adaptadas a condiciones de aridez, raíces someras y ramificadas, cutícula gruesa, succulencia, estomas hundidos, metabolismo fotosintético y metabolismo ácido de crasuláceas son algunos de los atributos que le permiten establecerse en zonas carentes de agua (Granados, 1993).

El grupo *salmiana* es natural de la meseta central de México se desarrolla desde los 1230 a 2460 msnm, subsiste y prospera en precipitación media anual desde los 335 hasta los 924 mm, prospera en condiciones de temperatura que va desde 13.6 hasta los 17.8 grados centígrados.

La mayoría de los *Agaves* del desierto necesitan la luz solar, si no existe se convierten en plantas etioladas, los magueyes pulqueros del centro de México requieren iluminación aunque no toleran la sombra (Granados, 1993).

Según Martínez (1994), se encontró que para la materia seca y las cenizas hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las dos especies de maguey, mientras que para Proteína Cruda, Extracto Libre de Nitrógeno, Extracto Etéreo y Fibra Cruda no existió diferencia significativa ($P < 0.05$) en ambas especies (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis Bromatológico obtenido del *Agave atrovirens karw* y del *Agave salmiana* (Martínez, 1994).

% Nutriente	<i>Agave atrovirens karw</i>	<i>Agave salmiana</i>
Materia Seca	11.12	12.22
Proteína Cruda	4.96	5.43
E.L.N	58.05	57.77
Extracto Etéreo	1.64	1.58
Fibra Cruda	18.46	16.39
Cenizas	16.89	18.83

2.10.1. El maguey como forraje.

El creciente interés por utilizar fuentes de forraje de bajo valor nutritivo en la alimentación de rumiantes, se ha canalizado en una serie de investigaciones tendientes a buscar una mejor utilización de estos materiales y productos (López *et al.*, 2001).

En el Noreste de México, las hojas de maguey son utilizadas como alimento para el ganado. Junto con las plantas de nopal, el maguey constituye un importante recurso alimenticio para los animales de los lugares desérticos (Granados,1993). En los alrededores de San Luis Potosí, las plantas jóvenes de *Agave salmiana* son destinadas para forraje de los animales.

El maguey como forraje para ganado vacuno se ha desarrollado recientemente, reflejando la precisión de la población humana sobre la posibilidad de la planta como un recurso (Tello y Moya, 1988).

El cuadro 5, presenta los valores de digestibilidad obtenidos en dos variedades de maguey (*Agave salmiana* y *Agave atrovirens karw*) en donde se observa la pequeña diferencia que existe entre ambas variedades, tanto en la digestibilidad de la materia seca como de la materia orgánica.

Cuadro 5. Coeficiente de DIV de la materia seca y de la materia orgánica de *Agave atrovirens karw* y del *Agave salmiana* (Martínez 1994).

% DIGESTIBILIDAD	<i>Agave atrovirens karw</i>	<i>Agave salmiana</i>
Materia Seca	64.52	62.40
Materia Orgánica	57.52	54.35

En los datos presentados por Gómez (2003) se observa que el *Agave salmiana* y el *Agave americana* fueron muy digestible y similares, alcanzando su máxima digestibilidad a las 72h con 90.74% y 90.83% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Coeficiente de Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca de *Agave salmiana* y *Agave americana* (Gómez, 2003).

Tiempo	<i>Agave salmiana</i> (%)	<i>Agave americana</i> (%)
0	64.97 ^a	58.99 ^b
3	67.66 ^a	58.99 ^b
6	73.96 ^a	67.43 ^b
12	82.51 ^a	78.75 ^b
24	88.38 ^a	81.86 ^b
48	89.48 ^a	89.28 ^a
72	90.74 ^a	90.83 ^a

2.11. 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 de aquel alimento que no es excretado en 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 *In Vivo*, 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 otros métodos para estimar la digestibilidad de los alimentos para el ganado: en animales de estómago 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 sin 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 de las heces. Por otro lado, se discute esta aplicación en los rumiantes, por dos grandes razones; una es la energía en gas metano, que no aparece en las heces, pero son eructadas; no todo el contenido en heces, son residuos alimenticios, pueden ser restos celulares que contienen nitrógeno (McDonald, 1975).

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

$$\text{Consumo de Nutriente} = \text{Consumo de Forraje} \times \text{Digestibilidad del Forraje} \times \text{Aprovechamiento}$$

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

La técnica de digestibilidad *In Vitro*, pueden reflejar resultados comparables con los resultados de la digestibilidad *In Vivo*. Existen muchos métodos para realizar la digestibilidad *In Vitro*, aunque todos se basan principalmente en dos

fases; algunos modifican la temperatura, concentración de sales en la saliva, agitación, etc. (Eúzarraga y García, 1988).

2.11.1. Técnica *In Vitro*.

La serie de los procedimientos de la técnica de digestibilidad *In Vitro*, es una fermentación anaerobia de un sustrato de la muestra, con líquido ruminal filtrado 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 limitado en los forrajes de pobre calidad; hay poca oportunidad para los nutrientes digeribles escapar a la fermentación (Van Soest, 1994).

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

Gopar (2001), en su trabajo de investigación relacionado con la tasa de degradación *In Vitro* de la fibra de algunas especies del género *Opuntia*, cosechadas en primavera, utilizó las especies *O. imbricata*, *O. ficus-indica*, *O. cantabrigiensis*, *O. lindheimeri* variedad *tricolor* y *O. lindheimeri* variedad *subarmata*, a las cuales se cortaron las pencas cada mes durante la estación de primavera.

El análisis bromatológico se hizo mediante un modelo completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, para la determinación de la cinética de la digestión de la fibra utilizó la técnica *In Vitro* descrita por Tilley y Terry (1963), con la modificación de Goering y Van Soest (1970) en la cual se interrumpió a diferentes tiempos de incubación (4, 8, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 y 96 horas), el cual fue analizado mediante el modelo de regresión lineal simple, donde para el análisis bromatológico obtuvo una diferencia significativa ($P < 0.05$) para los contenidos de materia seca total (MST), cenizas (C), extracto etéreo (EE), proteína cruda (PC), extracto libre de nitrógeno (ELN) y materia orgánica (MO), para la digestibilidad *In Vitro* de materia seca (DIVMS) y materia orgánica (DIVMO) no obtuvo diferencia significativa para cada una de las especies, pero la *O. ficus indica* tuvo la mayor DIVMS de 58.8% y una DIVMO de 63.49%.

Montes (2003), al estudiar la tasa de degradación *In Vitro* de la fibra de algunas especies de nopal del género *Opuntia* cortadas en invierno. Utilizando las especies *O. imbricata*, *O. ficus-indica*, *O. cantabrigiensis*, *O. lindheimeri* variedad *tricolor* y *O. lindheimeri* variedad *subarmata*, donde el análisis bromatológico fue realizado mediante un modelo estadístico completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones y la digestibilidad *In Vitro* fue mediante un modelo de regresión lineal simple, de los cuales los resultados obtenidos fueron para el análisis bromatológico donde no hubo diferencia ($P > 0.05$) para la materia seca total, materia orgánica, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, y extracto libre de nitrógeno entre las especies. Para la digestibilidad *In Vitro* de materia seca (DIVMS) no obtuvo diferencias significativas ($P > 0.05$), Sin embargo la *O. lindheimeri* variedad *subarmata* fue la que mostro mayor digestibilidad de 92.54% con relación a las demás especies.

2.12. Factores que afectan la Cinética de la Digestión.

Van Soest (1994), menciona que los factores digestivos en el rumiante constituyen un sistema dinámico que involucra la entrada del alimento al rumen y el flujo de soluciones líquidas, bacterias y fracciones sólidas del alimento no

digerido a través del orificio retículo omasal hacia la parte posterior del tracto digestivo.

Estos procesos aparentemente están influenciados por la tasa de pasaje de los ingredientes a través del tracto digestivo, el nivel de consumo de materia seca, el tamaño del grano y en el caso de los forrajes, la calidad (welch, 1982). Así mismo la tasa de pasaje interactúa con la tasa de digestión y la influencia del consumo diario de materia seca. (Fisher *et al.*, 1989).

El nivel de consumo depende de la especie animal y del nivel de producción requerido. A mayor voluminosidad, disminuye la ingestión de los nutrientes digestibles, por lo que las ingestas muy voluminosas y de baja digestibilidad deberán ser limitadas, así como las ingestas de poco volumen, para evitar que disminuya el consumo y trastornos digestivos. (Maynard, 1983).

Llamas y Tejada (1990), mencionan que en las condiciones normales de la alimentación el tiempo de permanencia de un nutrimento en el rumen, afectara su digestión efectiva.

Cuando se reduce la ingestión del alimento por debajo del nivel de mantenimiento, los animales tienden a ser más eficientes en la digestión de alimentos y el aprovechamiento de nutrientes.

Cuando los rumiantes son alimentados solo a base de forrajes, el nivel de ingesta tiene poca influencia sobre la digestibilidad, pero la influencia se hace mayor con forme se aumenta la proporción de concentrados en la ración total (Maynard, 1983).

2.13. Fracción de la Fibra.

La fibra verdadera está asociada con la parte estructural de la planta y consiste de hemicelulosa, celulosa y lignina, los cuales son constituyentes de la Fibra Detergente Neutro (FDN), los niveles de FDN deben estar controlados para no limitar el consumo. La otra fracción es la Fibra Detergente Acido (FDA), esta consta de celulosa y lignina.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del Área de Estudio.

Las muestras de nopal y maguey fueron recolectados en tres localidades del Municipio de General Cepeda, Coahuila. Con coordenadas 101°53'0" Longitud Oeste y 25°56' Latitud Norte, a una altura de 2000 msnm, colinda al Norte con el Municipio de Ramos Arizpe, al Sur con el Municipio de Saltillo y al Oeste con el Municipio de Parras. El clima predominante es seco semicalido y semiseco templado, presenta una temperatura media anual que oscila entre los 8 - 22°C con un rango de precipitación de 100 – 700mm (INEGI, 2009).

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en el Municipio de Saltillo, Estado de Coahuila, con coordenadas 25° 25' latitud Norte y 101° 00' longitud Oeste. Con una altitud de 1742 msnm. La temperatura media anual es de 19.8°C y una precipitación media anual de 298.5mm. Cuenta con un clima designado BWhw (x')(e); clima muy seco, semiárido, con invierno fresco, y extremoso, con lluvias de verano y precipitación invernal superior de 10 por ciento del total anual. La humedad relativa es de un 80 por ciento en los meses lluviosos y el 30 por ciento en los periodos secos, como promedio (Mendoza, 1983).

3.2. Metodología.

Se recolectaron tres muestras de nopal y tres muestras de maguey en tres lugares distintos de los Municipios. De cada muestra se recolectaron aproximadamente 2 kg haciendo cortes en la unión de las pencas (cladodios).

A cada muestra se le tomo el peso en fresco, se le quemaron las espinas a las pencas del nopal, se picaron en trozos pequeños junto con el maguey, después se colocaron en charolas para ser secados en una estufa a 70°C durante 24 horas. Estas muestras después de ser secadas se molieron en un molino Wylley con una malla de 1 mm de diámetro, y después se analizaron en el laboratorio.

Se realizó un análisis bromatológico para determinar el contenido de nutrientes de cada muestra, obteniendo Materia Seca, Cenizas, Grasa, Fibra Cruda, Extracto Etéreo, Extracto Libre de Nitrógeno, según las técnicas descritas por la AOAC (1990).

Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Acido (FDA) fueron determinados bajo las técnicas descritas por Goering y Van Soest (1970).

Para poder llevar acabo la digestibilidad *In Vitro* se acudió al rastro TIF que se encuentra a un costado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro a recolectar líquido ruminal de los animales sacrificados.

3.2.1. Digestibilidad In Vitro.

Se utilizó la técnica de digestibilidad *In Vitro* descrita por Tilley y Terry (1963) con la modificación de Goering y Van Soest (1970), interrumpiendo a diferentes tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 horas), se utilizó el incubador DAISY que establece condiciones de incubación semejantes a las condiciones *In Vivo* del rumen del animal, la prueba incluye soluciones compuestas por minerales, fuentes de nitrógeno y agentes reductores que ayudan a la anaerobiosis necesaria en el proceso (Giraldo *et al.*, 2007).

Se colocaron 0.5gr de muestra en cada una de las bolsas de filtro, obteniendo 3 repeticiones de cada tratamiento, las bolsas se colocaron en frascos con capacidad de 4lts, en cada uno de los frascos fueron distribuidos 400 ml del inculo ruminal después de establecer las soluciones buffer se distribuyeron las bolsitas y se comenzó a purgar cada frasco con gas CO₂ por 20 segundos, se cierras bien los frascos para colocarlos en el digestor. El digestor mantiene la temperatura a 39±0.5°C mediante una rotación lenta. Al término de los tiempos de incubación las bolsas fueron lavadas con agua, y sometidas en una estufa a una temperatura de 55-60°C durante 24 horas para tomar el peso.

3.3. Análisis Estadístico.

Para el análisis estadístico de la composición química se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x3 teniendo dos tratamientos (NOPAL Y MAGUEY) con tres repeticiones (LOCALIDADES).

Para la digestibilidad in vitro se utilizó un diseño experimental con arreglo factorial 2x3x7 con dos especies vegetativas, tres localidades y siete tiempos de incubación. En este caso serán 42 tratamientos producto de la multiplicación de los tres factores.

Especies Vegetativas: Nopal y Maguey

Localidades: 1 (Independencia), Localidad 2 (Jaralito) y Localidad 3 (Duraznillo).

Tiempos de incubación: 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas.

Para la determinación de la correlación que pudiera existir entre el tiempo y la digestibilidad, se realizó el análisis respectivo para encontrar una respuesta entre el tiempo y la cantidad de materia degradada, en cada tiempo de incubación.

Los datos se analizaron con el programa estadístico de la UANL y la degradación efectiva correspondiente a la degradación máxima (A+B) ajustada por efecto de la tasa fraccional de pasaje desde el rumen (K), se calculó a través de la relación $(A+B \cdot C / C+K)$, y para el cálculo de la curva de la degradación se utilizó el software NEWAY PROGRAM (Rowett Research Institute, 1981).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Nopal

En el cuadro 7, se presenta el análisis bromatológico de tres muestras de nopal, encontrando diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las tres localidades de nopal en las variables: Materia Seca (MS) y Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), las variables Materia Orgánica (MO), Cenizas (Cz), Extracto Etéreo (EE), Fibra Cruda (FC), Proteína Cruda (PC), no mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$), la localidad 2 mostro diferencia significativa ($P > 0.05$) en la variable Fibra Detergente Acida (FDA) en comparación con las otras localidades mientras que las otras se mostraron similares, y por último la localidad 1 se mostró significativamente diferente ($P < 0.05$) en comparación con la localidad 2 y la localidad 3 en la variable Fibra Detergente Neutro (FDN).

Estos datos se encuentran dentro del rango de los obtenidos por Palomo (1963), en un análisis bromatológico realizado de dos Opuntias diferentes encontró en (MS) 11.89% y 11.57%, en (MO) 68.46% y 74.50%, (PC) 4.79% y 4.15%, Grasa 1.09% y 1.03%, Fibra 3.70% y 3.0<2%, Cenizas 31.54% y 25.50%. Las diferencias en los porcentajes varían dependiendo a la edad de la planta.

Herrera (2011), en su trabajo de investigación compara la composición química de dos especies de nopal (*Opuntia ficus indica* y *Opuntia rastrera*) encontró resultados de materia seca de 8.56% para *O. ficus indica* y 10.44% en *O. rastrera*, en proteína dio resultados de 1.75% y 8.91%, mientras que en fibra cruda le resultaron porcentajes de 94.26% y 75.8%.

Cuadro 7. Análisis Bromatológico de nopal de tres localidades del Municipio de General Cepeda, Coahuila.

Nutrientes %	Localidad 1	Localidad 2	Localidad 3
Materia Seca	10.83 ^b	13.32 ^a	9.42 ^b
Materia Orgánica	59.43 ^a	66.97 ^a	72.22 ^a
Cenizas	30.24 ^a	31.08 ^a	24.51 ^a
Extracto Etéreo	0.51 ^a	1.33 ^a	0.51 ^a
Proteína Cruda	4.23 ^a	4.68 ^a	4.01 ^a
Fibra Cruda	49.35 ^a	50.56 ^a	53.73 ^a
FDA	46.63 ^a	41.83 ^b	49.59 ^a
FDN	65.48 ^b	73.69 ^a	75.01 ^a
ELN	15.67 ^b	12.35 ^c	17.24 ^a

^{abc} literales diferentes en filas indican diferencia (P<0.05)

En la figura 1, se observa que las tres localidades presentan similares porcentajes de materia seca entre el 9.42 a 13.32 por ciento, y en proteína cruda se encuentran muy similares en un 4% y la localidad 1 fue la que presentó menos contenido de fibra cruda.

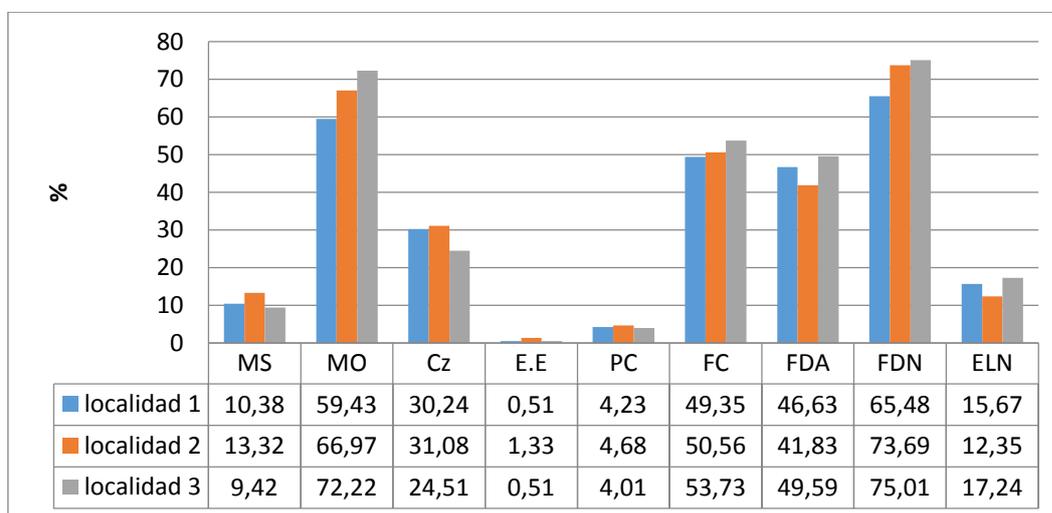


Figura 1. Comparación del Análisis Bromatológico de Nopal de tres localidades del Municipio de General Cepeda, Coahuila.

El análisis bromatológico de Maguey se muestra en el cuadro 8. En las variables Materia seca (MS), Materia Orgánica (MO), Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) y Fibra Detergente Acida (FDA), la localidad 2 difiere de las localidades 1 y 3, mientras que estas se muestran similares, las variables

Cenizas (Cz), Extracto Etéreo (EE), Proteína Cruda (PC) y Fibra Detergente Neutra (FDN) no presentan diferencia significativa ($P < 0.05$).

Martínez (1994), realizó un análisis bromatológico en dos especies de Agave utilizando el *Agave atrovirens karw* donde encontró 11.12% en Materia seca, 4.96% en Proteína Cruda, 58.05% en Extracto Libre de Nitrógeno, 1.64% en Extracto Etéreo, 18.46% de Fibra Cruda y 16.89% en Cenizas, también uso el *Agave salmiana* y encontró 12.22% de Materia Seca, 5.43% de Proteína Cruda, 57.77% de Extracto Libre de Nitrógeno, 1.58% de Extracto Etéreo, 16.39% de Fibra Cruda y 18.83% de cenizas.

En otra investigación realizada por Gómez (2003), analizando la composición química de dos variedades de maguey: *Agave salmiana* encontró en Materia seca 12.03%, en Proteína cruda 8.41%, Extracto Libre de Nitrógeno 55.83%, Extracto Etéreo 1.83%, Fibra Cruda 16.93%, Cenizas 17%, en *Agave americana* encontró obtuvo los siguientes valores, Materia seca 14.85%, Proteína cruda 5.26%, Extracto Libre de Nitrógeno 59.1%, Extracto Etéreo 1.27%, Fibra cruda 19.28%, Cenizas 5.09%. Estos datos se muestran similares a los obtenidos en este trabajo de investigación.

Cuadro 8. Análisis Bromatológico de Maguey de tres localidades del Municipio de General Cepeda, Coahuila.

Nutrientes %	Localidad 1	Localidad 2	Localidad 3
Materia Seca	11.45 ^a	8.06 ^b	10.32 ^a
Materia Orgánica	81.61 ^a	80.16 ^b	82.37 ^a
Cenizas	15.06 ^a	15.27 ^a	13.95 ^a
Extracto Etéreo	1.08 ^a	0.82 ^a	1.22 ^a
Proteína Cruda	5.35 ^a	4.90 ^a	5.35 ^a
Fibra Cruda	35.83 ^b	42.35 ^a	35.41 ^b
FDA	32.89 ^b	42.76 ^a	36.88 ^b
FDN	46.14 ^a	44.97 ^a	46.96 ^a
ELN	42.68 ^a	36.66 ^b	44.07 ^a

^{abc} Literales diferentes en filas indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

En la figura 2, se muestra la comparación de las muestras de maguey de localidades diferentes en donde se puede observar que la muestra de la localidad 2 presenta menos porcentaje de materia seca de 8.06%, mientras que en el contenido de proteína son casi similares (5.35%, 4.90% y 5.35%).

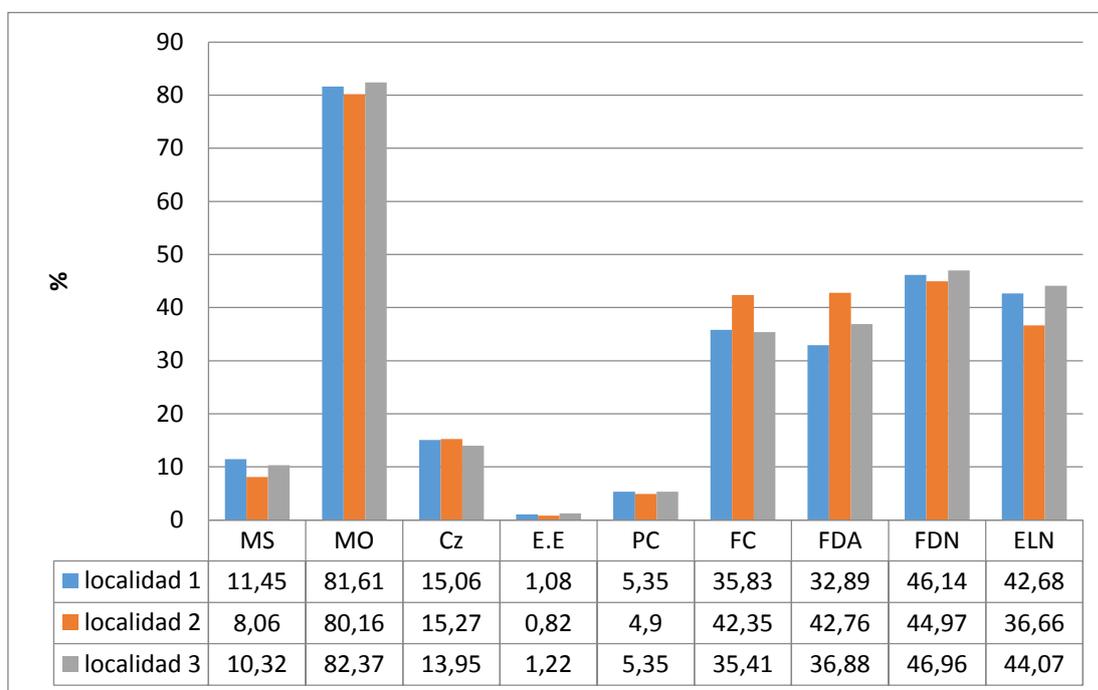


Figura 2. Comparación del Análisis Bromatológico del Maguey de tres localidades del Municipio de General Cepeda, Coahuila.

(Figura 3), De acuerdo con lo observado en esta gráfica; en la variable (MS) que obtuvo mayor porcentaje fue el nopal de la localidad 2, en (MO) el mayor fue el Maguey de la localidad 3, en (Cz) el nopal de la localidad 2 obtuvo mayor porcentaje, en la variable (EE) destacó el nopal de la localidad 2, en (PC) el maguey de la localidad 1 y de la localidad 3, para (FC) el nopal de la localidad 3 fue mayor, en (FDA) el nopal de la localidad 3, en (FDN) destacó el nopal de la localidad 3 y en (ELN) el mayor fue el maguey de la localidad 3. Por lo tanto haciendo una comparación entre especies para las 3 localidades destacó el maguey con menos contenido de materia seca, mejor contenido de proteína cruda y fibra cruda, por localidades la mejor fue la localidad 3.

Las dos especies (nopal y maguey) son buenas plantas forrajeras, las dos presentan un alto contenido de humedad, de acuerdo a la edad que tenga la planta. Hughes *et al.*, (1984), menciona que el valor nutritivo de un forraje está determinado por su composición química y por la naturaleza de la planta.

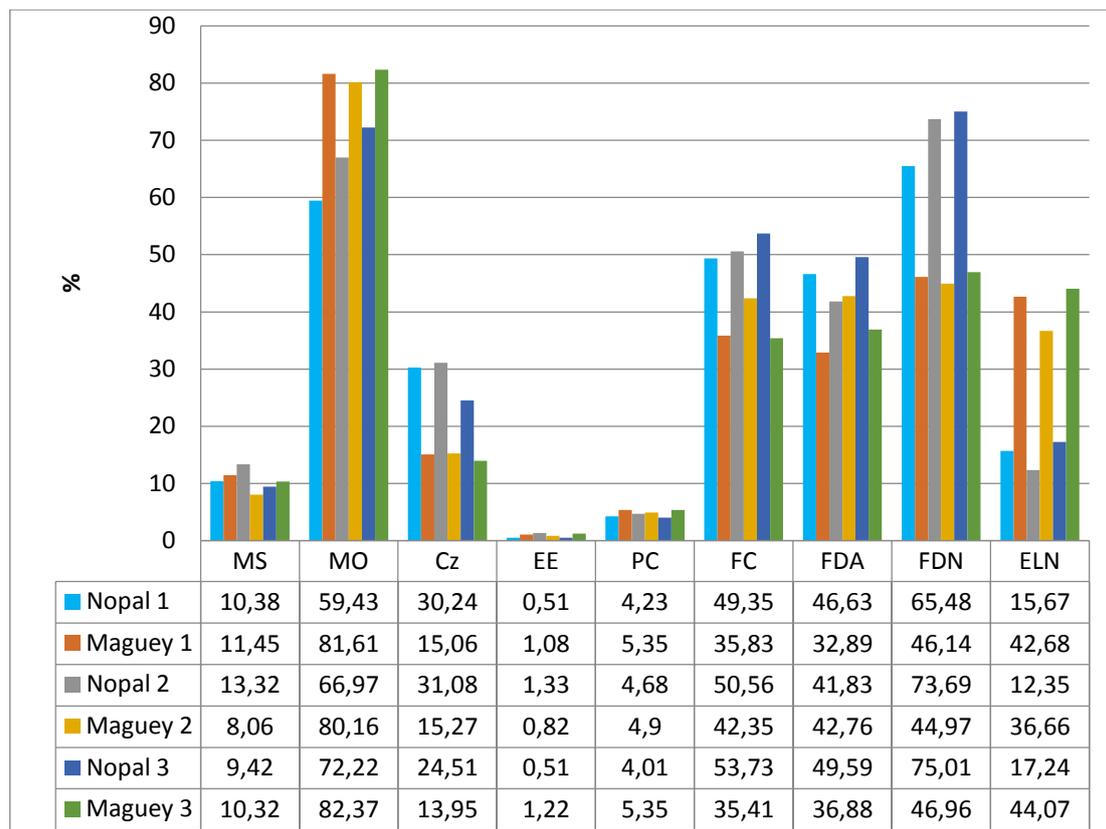


Figura 3. Comparación del Análisis Bromatológico de Nopal, Maguety y localidades del Municipio de General Cepeda, Coahuila.

Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca

La digestibilidad *In Vitro* de la materia seca (DIVMS) de nopal de la localidad 1 fue de 46.73%, seguido por la localidad 2 con 54.21% y la localidad 3 con 55.74%. La DIVMS del nopal en las localidades dos y tres no fueron diferentes entre ellas ($P < 0.05$) y fueron más digestibles que la localidad uno (Cuadro 9 y Figura 4).

Cuadro 9. Medias de la DIVMS de nopal de tres localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.

Localidades	DIVMS (%)
3	55.74 ^a
2	54.21 ^a
1	46.73 ^b

^{abc} literales diferentes en columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

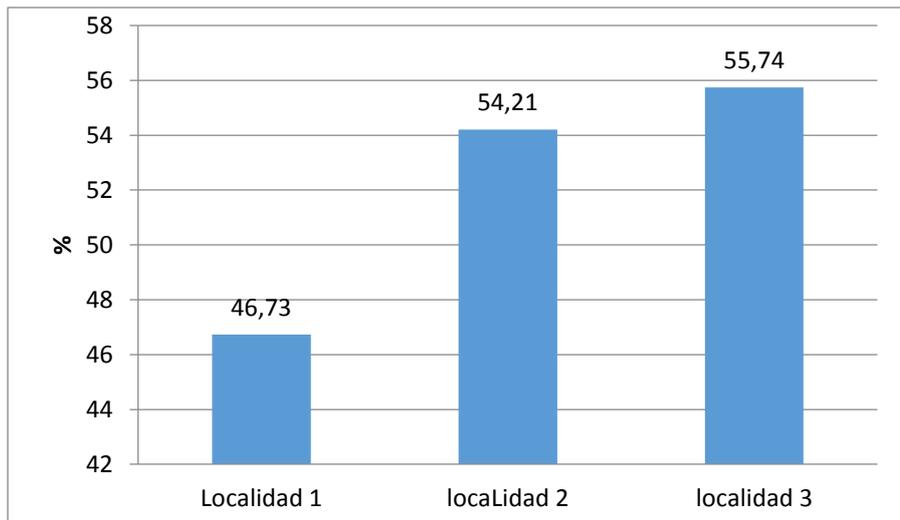


Figura 4. Grafica de medias de DIVMS, de nopal de tres localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.

En el cuadro 10 y figura 5, se observa la comparación de medias de los siete tiempos de incubación de las muestras de Nopal de las tres localidades. En donde la localidad 1 alcanzó su máxima digestibilidad a las 48 horas con un 84.98% mostrando una gran diferencia ($P < 0.05$) comparándolo con los demás tiempos de incubación, mientras que para las 72 horas el porcentaje de digestibilidad disminuye a un 61.77%, el tiempo 24 y 72 horas no mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$) entre ellos pero si con los demás tiempos, tampoco mostraron diferencia los tiempos 0, 3, 6 y 12 horas. La localidad 2 alcanzó su mayor digestibilidad al tiempo 72 horas con 76.01% siendo está muy similar al tiempo 48 horas, el tiempo 24 horas no presenta diferencia ($P < 0.05$) con el tiempo 48 horas, el tiempo 24 horas no presenta diferencia con el tiempo 12 horas, para los tiempos 3, 6, 12 no son diferentes, pero el tiempo 0 horas si tuvo diferencia con los demás tiempos. En la localidad 3 su mayor digestibilidad fue a las 72 horas con 77.21%, está a la vez no presenta diferencia con el tiempo de las 48 horas pero si con los demás tiempos, los tiempos 6, 12 y 24 horas no presentan diferencia ($P < 0.05$) con el tiempo 48 horas, y entre el tiempo 0 y 3 horas no existió diferencia ($P > 0.05$). Estos datos son similares a los encontrados por Espinosa (2011), en su trabajo de investigación utilizando los mismos tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 h) donde la máxima digestibilidad fue a las 48 horas, seguida por una

disminución a las 72 horas, esto se debe a la pérdida de sustrato para continuar con la digestibilidad. Sánchez, (2001), trabajó digestibilidad *In Vitro* de materia seca con varias especies de nopal (*O. ficus indica*, *O. imbricata*, *O. lindheimeri*, var. *subarmata* y var. *tricolor* y *O. cantabrigiensis*), menciona que no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos, sin embargo la *O. ficus indica* fue la que tuvo mayor porcentaje de digestibilidad 65.93%, *O. imbricata* 60.86%, *O. lindheimeri* var. *subarmata* 59.20%, *O. lindheimeri* var. *tricolor* 55.32% y *O. cantabrigiensis* 57.26%.

Fisher *et al.*, (1989), mencionan que la extensión de la digestibilidad *In Vitro* de la materia seca a las 48 horas 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 horas. Esto también pudo ser afectado por otros factores como genéticos (variedad, estado de madurez, edad de la planta, estación del año, frecuencia de corte entre otras, factores físicos y químicos del suelo).

Cuadro 10. Digestibilidad *In Vitro* de la materia seca (DIVMS) de nopal de tres localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.

Loc. 1		Loc. 2		Loc. 3	
T hr	DIVMS	T hr	DIVMS	T hr	DIVMS
(%)					
72	61.77 ^b	72	76.01 ^a	72	77.21 ^a
48	84.98 ^a	48	75.60 ^{ab}	48	66.25 ^{ab}
24	59.10 ^b	24	62.37 ^{bc}	24	61.06 ^b
12	34.22 ^c	12	52.19 ^{cd}	12	56.35 ^b
6	31.92 ^c	6	45.49 ^d	6	54.86 ^b
3	28.02 ^c	3	41.64 ^d	3	41.12 ^c
0	27.13 ^c	0	26.14 ^e	0	33.30 ^c

^{abcde} literales diferentes en columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

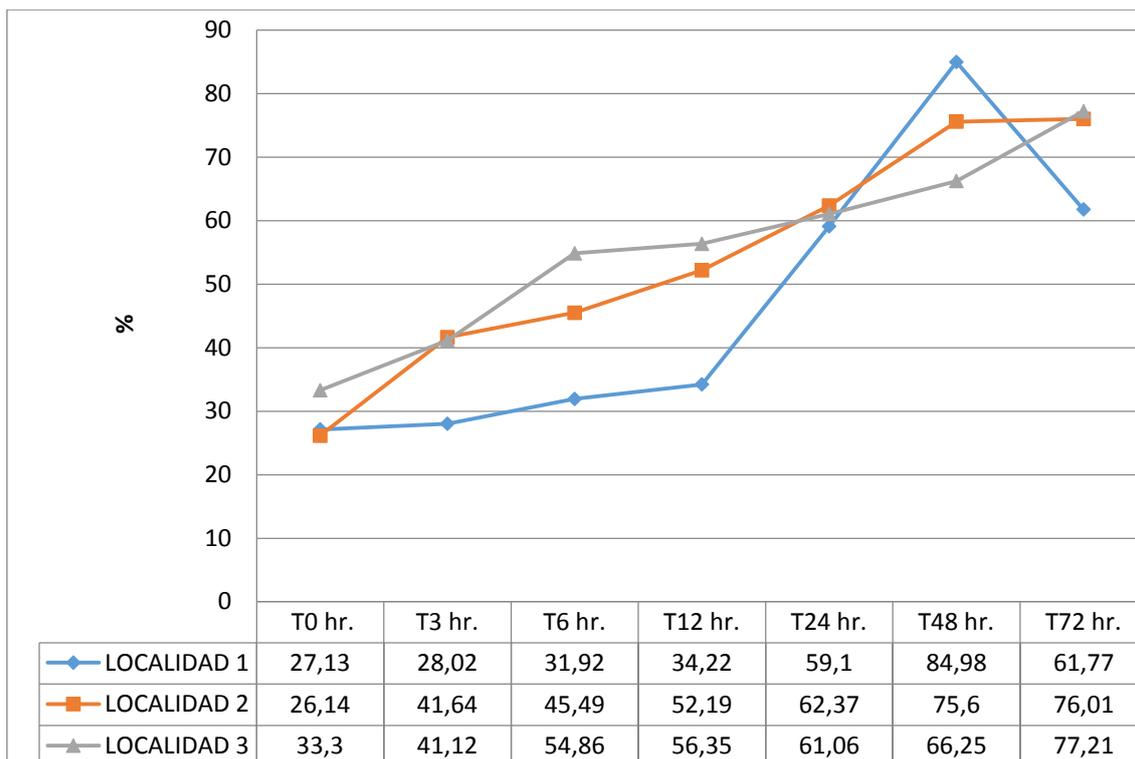


Figura 5. Digestibilidad *In Vitro* de la materia seca (DIVMS) de nopal de tres localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.

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

En el cuadro 11, de las 3 localidades de las muestras de nopal, se observa que para la localidad 1 a tiempo 0 la fracción A=21.79%, la fracción B=53.97%, la fracción C=0.0434%, RSD=11.38% y la degradación máxima potencial A+B fue de 75.76%. Para la localidad 2 a tiempo 0 la fracción A=29.88%, fracción B=47.00%, fracción C=0.0577%, RSD=3.45% y la degradación máxima potencial A+B=76.88%. Localidad 3 a tiempo 0 la fracción A=35.64%, fracción B=36.19%, fracción C=0.0708%, RSD=5.48% y la degradación máxima potencial A+B=71.83%.

Cuadro 11. Calculo de Degradación del nopal de tres localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.

LOC. 1	A=21.79		B=53.97		C=0.0434		RSD=11.38
TIEMPO	0	3	6	12	24	48	72
V. OBSERVADOS	27.13	28.02	31.92	34.22	59.10	84.98	61.77
V. AJUSTADOS	21.79	28.37	34.16	43.69	56.71	69.03	73.39
LOC. 2	A=29.88		B=47.00		C=0.0577		RSD=3.45
TIEMPOS	0	3	6	12	24	48	72
V. OBSERVADOS	26.14	41.64	45.49	52.19	62.37	75.60	76.01
V. AJUSTADOS	29.88	37.35	43.64	53.36	65.11	73.94	76.15
LOC. 3	A=35.64		B=36.19		C=0.0708		RSD=5.48
TIEMPOS	0	3	6	12	24	48	72
V. OBSERVADOS	33.30	41.12	54.86	56.35	61.06	66.25	77.21
V. AJUSTADOS	35.64	42.56	48.16	56.35	65.21	70.62	71.60

A= fracción soluble, B= Potencialmente degradable, c= tasa fraccional de la degradación de la fracción B, RSD= degradación residual.

En la figura 6, se puede observar la comparación entre los datos observados y los datos ajustados en la cinética de la digestión de las 3 muestras de nopal de las 3 localidades. Para la localidad 1 los valores observados muestran que el aumento de la digestibilidad desde el tiempo 0h es muy lento hasta el tiempo 12h, y a partir del tiempo 24h aumenta rápidamente hasta llegar al tiempo de las 48h que es donde alcanza su máxima digestibilidad y en el tiempo 72h disminuye drásticamente y en comparación con los valores ajustados estos van en aumento desde el tiempo 0h hasta el tiempo 72h que es donde alcanza su máxima digestibilidad, la localidad 2 los valores ajustados y los valores observados dieron datos muy similares alcanzando estos dos su máxima digestibilidad en el tiempo de las 72 horas, en la localidad 3 los valores observados y los valores ajustados no mostraron mucha diferencia entre ellos y también alcanza su máxima digestibilidad en el tiempo 72h.

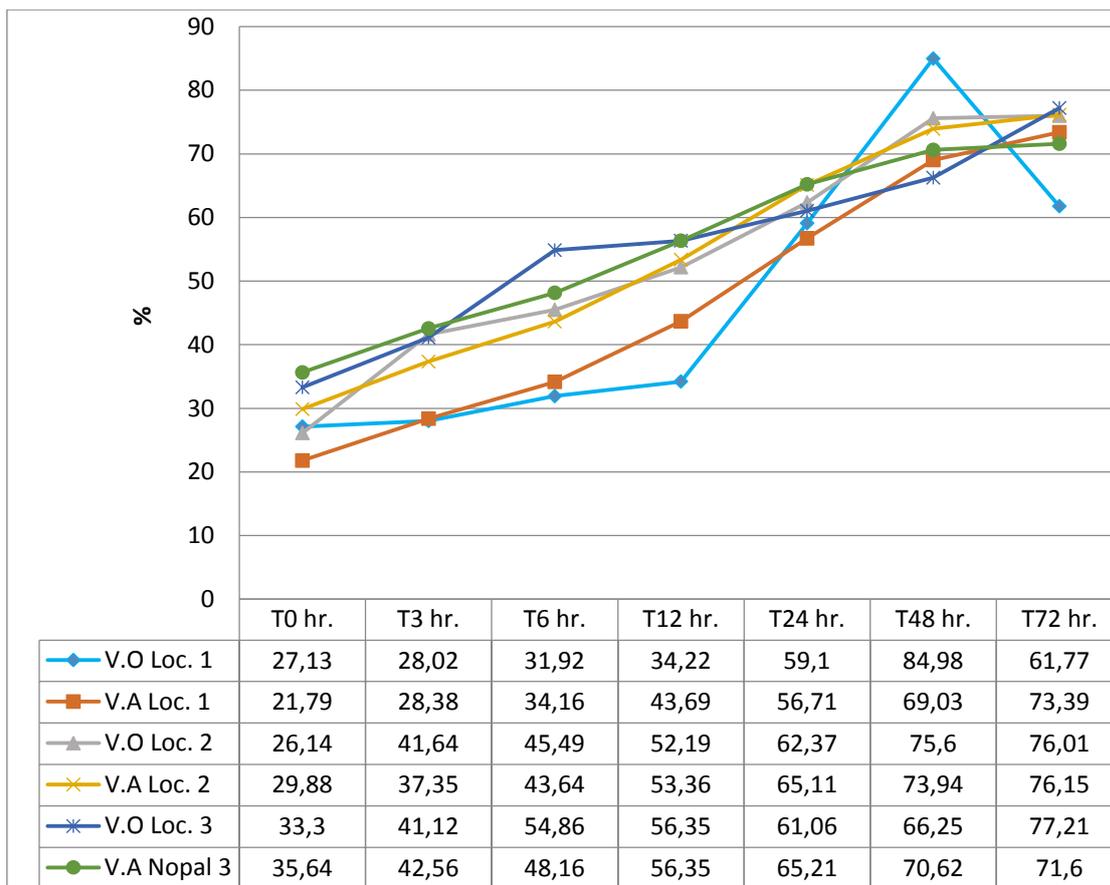


Figura 6. Comparaciones de los Valores Observados y los Valores Ajustados de la DIVMS de las 3 localidades de Nopal.

V.O= valores observados, V.A= valores ajustados.

En el cuadro 12 se muestra la comparación entre localidades donde las 3 no muestran diferencia significativa ($P>0.05$) y las 3 localidades fueron muy digestibles. (Figura 7).

Cuadro 12. Medias de la DIVMS de Maguey de tres localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.

LOCALIDADES	DIVMS (%)
1	76.66 ^a
2	76.90 ^a
3	78.17 ^a

^{abc} literales diferentes en columnas indican diferencia significativa ($P<0.05$)

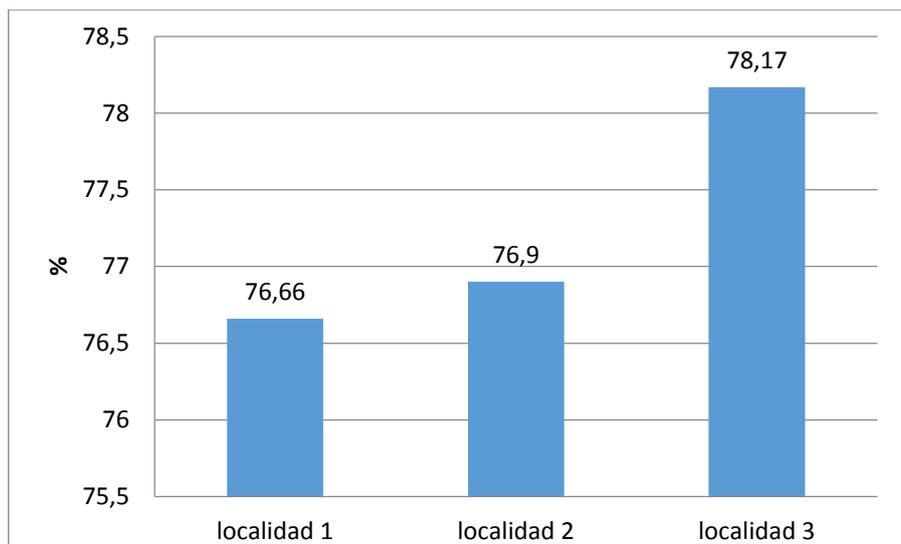


Figura 7. Grafica de medias de DIVMS, de maguey de tres localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.

En el cuadro 13 y figura 8, se puede observar que la localidad 1 fue muy degradable desde el tiempo 12h con datos de 81.58% hasta el tiempo 72h con 90.43% además de no presentar diferencia significativa ($P < 0.05$), el tiempo 12h no mostró diferencia ($P < 0.05$) con el tiempo 6h, así mismo este no presento diferencia con el tiempo 3h, el tiempo 0h presento diferencias ($P > 0.05$) con los demás tiempos. La localidad 2 fue muy digestible a partir del tiempo 24 hasta las 72 horas alcanzando una digestibilidad de 91.12% no encontrando diferencia ($P < 0.05$) entre estos, del tiempo 0h al tiempo 12h la digestibilidad fue menor y no hubo diferencia entre ellos pero si con los demás tiempos. En la localidad 3 los tiempos más digestibles fueron 48 y 72 horas con un 86.29% como máximo, siendo el tiempo 72h no diferente para los tiempos 3, 6, 12, 24, 48 horas, pero estos a la vez son similares con el tiempo 0h.

Estos datos son similares a los obtenidos por Gómez (2003), quien utilizó maguey (*Agave americana* y *Agave salmiana*) con el método *In Vitro* utilizando los mismos tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72h), y encontró que la mayor digestibilidad la obtuvo en el tiempo 72h con un 90.74% para el *A. salmiana* y 90.83% para el *A. americana*, también encontró que estas dos especies presentaron resultados muy similares en casi todos los tiempos.

Cuadro 13. Comparación de la DIVMS de las muestras de Maguey de tres localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.

Loc. 1		Loc. 2		Loc. 3	
T hrs.	DIVMS	T hrs.	DIVMS	T hrs.	DIVMS
(%)					
72	90.43 ^a	72	91.12 ^a	72	86.29 ^a
48	89.50 ^a	48	90.50 ^a	48	82.71 ^{ab}
24	89.32 ^a	24	90.18 ^a	24	79.52 ^{ab}
12	81.58 ^{ab}	12	70.19 ^b	12	77.88 ^{ab}
6	75.50 ^{bc}	6	68.67 ^b	6	75.77 ^{ab}
3	63.22 ^c	3	68.40 ^b	3	73.53 ^{ab}
0	47.10 ^d	0	59.25 ^b	0	71.48 ^b

^{abcd} literales diferentes en columnas indican diferencia significativa (P>0.05)

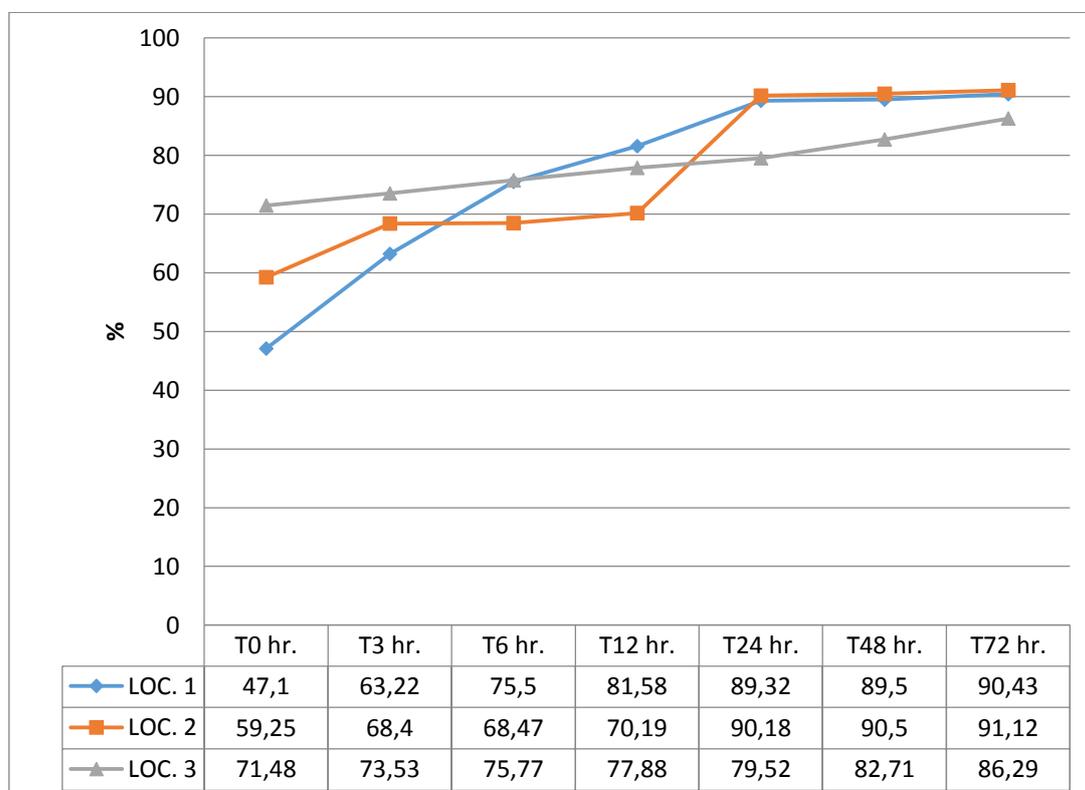


Figura 8. Digestibilidad *In Vitro* de la materia seca (DIVMS) de Maguey de tres localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.

En el cuadro 14, se presentan las fracciones de la degradación de las muestras de Maguey. La localidad 1 en el tiempo 0 la fracción A=47.66%, fracción B=41.93%, fracción C=0.1697%, RSD=1.54, la degradación máxima potencial A+B=89.59%, la localidad 2 presenta en el tiempo 0 la fracción A=59.82%, fracción B=33.05%, fracción C=0.0575%, RSD=4.54%, la degradación máxima potencial A+B=92.87%, la localidad 3 en el tiempo 0 fracción A=72.35%, fracción B=14.78%, fracción C=0.0308%, RSD=1.07%, y la degradación máxima potencial A+B=87.13%.

Cuadro 14. Calculo de Degradación del Maguey de tres Localidades en el Municipio de General Cepeda, Coahuila.

LOC. 1	A=47.66		B=41.93		C=0.1697		RSD=1.54
TIEMPOS	0	3	6	12	24	48	72
MEDICIONES	47.10	65.22	75.50	81.58	89.32	89.50	90.43
V. AJUSTADOS	47.66	64.39	74.44	84.12	88.88	89.58	89.59
LOC. 2	A=59.82		B=33.05		C=0.0575		RSD=4.54
TIEMPOS	0	3	6	12	24	48	72
MEDICIONES	59.25	68.40	68.67	70.19	90.18	90.50	91.12
V. AJUSTADOS	59.82	65.06	69.46	76.30	84.56	90.78	92.34
LOC. 3	A=72.35		B=14.78		C=0.0308		RSD=1.07
TIEMPOS	0	3	6	12	24	48	72
MEDICIONES	71.48	73.53	75.77	77.88	79.52	82.71	86.29
V. AJUSTADOS	72.35	73.66	74.85	76.93	80.08	83.77	85.53

A= fracción soluble, B= Potencialmente degradable, c= tasa fraccional de la degradación de la fracción B, RSD= degradación residual.

En la figura 9, se observa que al comparar los valores observados con los valores ajustados en la localidad 1 estos son muy similares en todos los tiempos, en la localidad 2 los valores observados a partir del tiempo 3h la digestibilidad se mantiene constante hasta el tiempo 12h, después da un aumento en el tiempo 48h y se mantiene en el mismo rango hasta las 72 horas, y en los valores ajustados la digestibilidad se muestra en aumento hasta

las 72 horas. En la localidad 3 tampoco se muestra diferencia entre valores los cuales son muy similares en todos los tiempos.

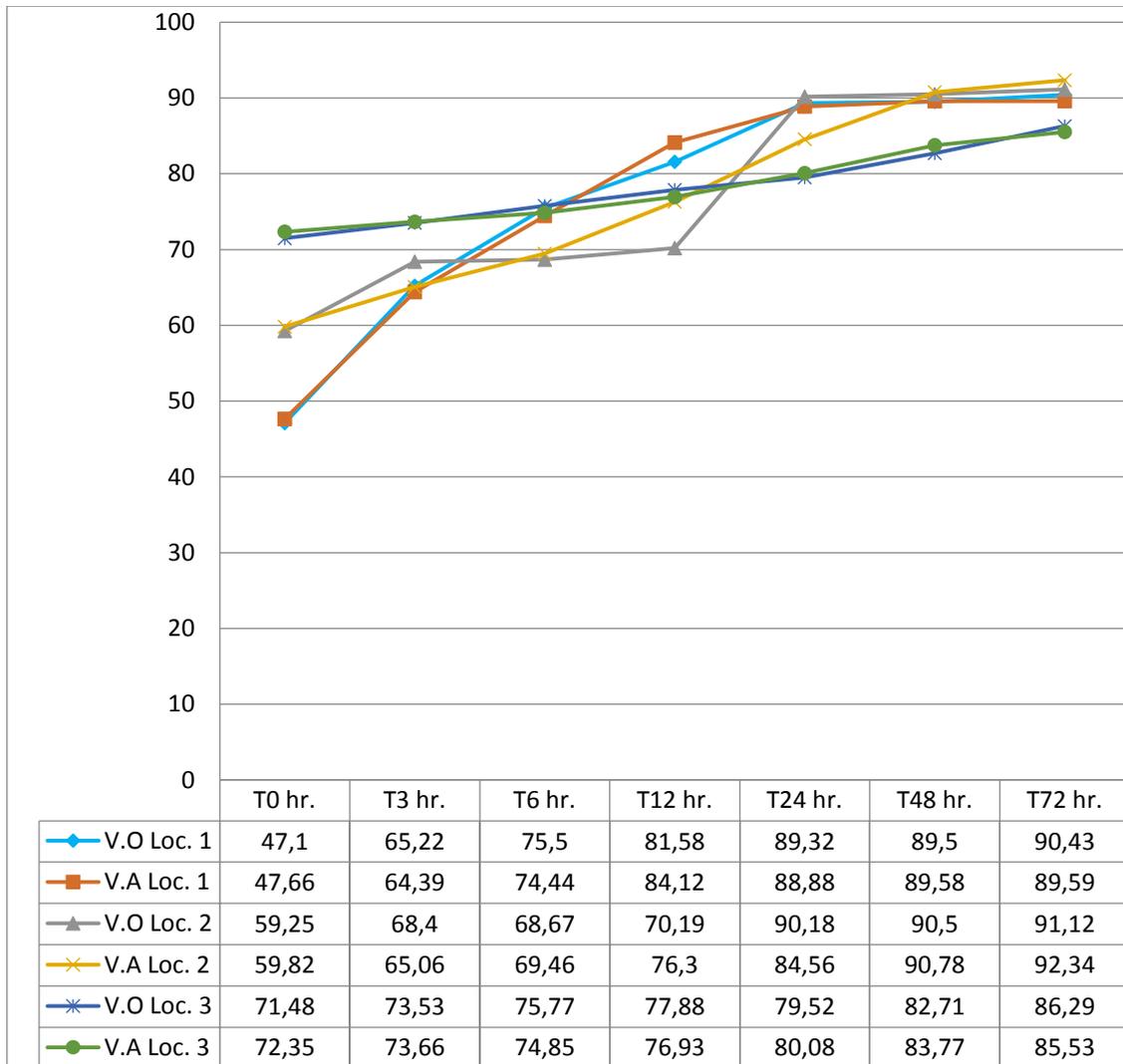


Figura 9. Comparaciones de los valores observados y los valores ajustados de la DIVMS de las 3 localidades de Magüey.

V. CONCLUSIONES

En relación al contenido nutricional, de estas dos especies se encontró que el Maguey tuvo un mejor contenido nutricional, principalmente en proteína cruda, en fibra tuvo resultados bajos, por lo tanto presento mejores resultados en la digestibilidad.

Si hubo diferencias entre las dos especies (Nopal y Maguey) en la DIVMS, en donde el maguey presento porcentajes arriba del 90% a las 72h, y presento mejor digestibilidad en todos los tiempos en comparación con el nopal en las tres localidades.

Sin embargo de las tres localidades fue mejor la localidad 3 destacando en las dos especies (Nopal y Maguey), y se observa de esta manera que el maguey es una planta de muy buena digestibilidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se pudo observar que entre más tiempo se expongan los alimentos al ataque de los microorganismos del rumen, será mayor la digestibilidad hasta cierto tiempo de incubación ya que por la falta de sustrato la digestibilidad se reduce.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Abrego, G. A. 2009. Evaluación bromatológica y digestibilidad in vitro de nopal (*Opuntia ficus-indica*) adicionado con subproductos de cervecería. Tesis de Licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Andrade, M. H. M., Córdova, T. A. V., Aguilera, B. A., García, G. T., Kawas, R. J. 2011. Caracterización química y degradabilidad ruminal del nopal (*Opuntia ficus-indica*) y de variedades silvestres de *Opuntia* como alternativa en la suplementación de caprinos. Revista Salud Pública y Nutrición. Ed. Especial 5.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th Ed. Association Off Animal Chem. Arlington, U.S.A.
- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Instituto de biología de la UNAM. México.
- CONABIO, 2005. Mapa Mezcales y Diversidad. © Conabio, México.
- De Alba. J. 1971. Alimentación del Ganado en América Latina 2^o Edición. Ed. La prensa Mexicana. México.
- De Alba, J. 1980. Alimentación del Ganado en América Latina. Segunda edición. Cuarta reimpresión. México, DF.
- Elizondo, J. L. y Wehbe, J. A. 1987. Una nueva variedad de *Opuntia lindheimeri*Engelmanni. En: Cact. Suc. Mex. 32: 16-18.
- Espinosa, N. J. 2011. Digestibilidad in vitro de nopal (*Opuntia spp*) a diferentes intervalos de tiempo. Tesis. Licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Eúzarraga, V. P. y García, C. R. 1988. Digestibilidad in vitro de la materia seca y materia orgánica por las técnicas de Tilley y Terry. Segunda reunión bianual. Memorias 86 – 88. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 47 – 51.
- Fisher, D. S., J. C. Burns and K. R. Pond. 1989. Kinetics of in Vitro Cell Wall Disappearance and In Vivo Digestion. Agronomy.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.
- 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 Hernández Nancy E. y Díaz Torres Yolanda. FAUANL. Monterrey, Nuevo León, México

Gioanetto, F. y E. Franco J. 2004 Usos medicinales y etnobotánicos de las Agavaceae y Nolinaceae en México y Centroamérica. *In: Memorias de Resúmenes del Simposio Internacional sobre Agavaceae y Nolinaceae. Los agaves de importancia económica en México.* Mérida, Yuc. 67 p.

Gentry S. H. 1982. *Agaves of Continental North America.* The University of Arizona Press. Tucson, Arizona 670 p.

Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. *Forage Fiber Analysis.* USDA. Handbook. N°. 379. U.S. Government Printing Office. Washington, DC.

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

Granados S., D. 1993. *Los agaves en México.* Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Herrera, P. C. M. 2011. Degradación *In Vitro* de nopal (*Opuntia ficus indica* y *Opuntia rastrera*) mediante el empleo de polisacaridasas obtenidas de microorganismos del rumen bovino. Tesis de Licenciatura. UAAAN. 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.; 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, Coahuila. México. Universidad de Coahuila. Escuela de Agricultura Antonio Narro.

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.

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.

- Marroquín, J. S. et al. 1964. Estudio ecológico y dasonómico de las zonas áridas del norte de México. México. INIF. Publicación especial.
- Maynard, L. A. J. K. Loosli, Hintz, H. F. y Warner, R. G. 1983. 7° Edición; 4° en Español. ED. McGraw-Hill. México, D. F.
- Montes, I. C. E. 2003. Tasa de degradación in vitro de la fibra de algunas especies del Genero *Opuntia*, cortadas en invierno. Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Palomo G. D. 1968. Datos sobre los nopales *Opuntia spp* utilizados como forraje en el Sur de México. Tesis Profesional. ITESM. Monterrey, NL., México.
- Ramos, J. A., G. D. Mendoza M. I. Aranda E., C. García B., R. Barcelona G. y J. Alanís R. 1998. Escape protein supplementation of growing steers grazing star grass. *Anim. Feed Sci. Technol.* (70): 257- 264.
- Saenz, C. 1997. Cladodes: a Source of dietary fiber. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.* 2:117 – 123.
- Sánchez, H. M. 2001. Tasa de degradación de la Fibra de algunas especies denopal del género *opuntia* in vitro cortadas en otoño. Tesis Lic. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 38-39.
- Stintzing, F.C. and R. Carle. 2005. Cactus stems (*Opuntia spp.*): A review on their chemistry, technology, and uses. *Mol. Nutr. Food Res.* 49: 175-194
- 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.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant* 2nd ed. Comstock, Cornell University Press, Ithaca, N. Y.
- 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.
- Woodford, J.A.; N.A. Jorgensen and G.P. Barrington. 1986. Impact of Dietary Fiber and Physical Form on Performance of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 69: 1035-1047.