

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL



Determinación de la Calidad Nutritiva y la Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca de *Opuntia rastrea* (Weber) y *Agave salmiana* (Otto ex Salm–Dyck) del Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila.

Por:

ANAHÍ MARTÍNEZ MONTIEL

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial para Obtener
el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Saltillo, Coahuila, México.
Febrero, 2015

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

Determinación de la Calidad Nutritiva y la Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca de *Opuntia rastrera* (Weber) y *Agave salmiana* (Otto ex Salm–Dyck) del Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila.

Por:

ANAHÍ MARTÍNEZ MONTIEL

Que se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada Por:

Ph. D. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez
Asesor Principal

Dr. José Dueñez Alanís
Sinodal
Dr. Fernando Ruiz Zarate
Sinodal
Coordinador de la División de Ciencia Animal
Dr. José Dueñez Alanís

Saltillo, Coahuila, México.
Febrero, 2015

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADEMICA

La suscrita Anahí Martínez Montiel estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con matrícula 294027 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 la suscrita 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



Anahí Martínez Montiel
Tesisista de Licenciatura UAAAN

Agradecimientos

A Dios por permitirme seguir adelante, por darme fuerza y por acompañarme en cada paso de mi vida.

A mi madre, Eleuteria Montiel Pérez, por haber creído en mí y por haberme brindado todo su máximo apoyo, por ser una gran mujer y sobretodo una gran madre.

A Roberto Aguilar Aguilar que siempre estuvo conmigo brindándome su apoyo, amor y comprensión. "Mis gracias amor"

A mi "Alma Terra Mater" por darme su hospitalidad, amor, cariño y por su imprescindible apoyo en mi formación profesional.

Al Ph. D. Jesús M. Fuentes Rodríguez, por su apoyo en la asesoría y revisión del presente trabajo.

A Laura Maricela Lara López laboratorista de Producción Animal por brindarme su apoyo y amistad.

A mis compañeros de generación por los buenos y malos momentos que pasamos juntos. . .

Dedicatorias

*A mi linda madre Eleuteria
Montiel Pérez por haberme
apoyado en todo momento y porque
siempre estuvo ahí cuando más la
necesite. . .*

*A mi padre José Martínez Santiago
(†) que aunque no estuvo con
migo en vida, sé que hubiera estado
orgulloso de mí. . .*

*A Gilberto que más que un hermano
ha sido como un padre y amigo para mí,
mil gracias por estar siempre con migo te quiero. . .*

*A mis demás hermanos Rosalba,
Maribel, Braulio y Honoria,
que creyeron en mí brindándome su
apoyo y cariño los quiero. . .*

*A mi pedacito de cielo, mi más grande amor
"Carritos" por llegar a mi vida y por ser mi más
grande inspiración en mi camino.*

*Solo aquellos que se atreven a tener grandes fracasos
terminan consiguiendo grandes éxitos. . .*

(Robert F. Kennedy)

INDICE GENERAL

Índice	Pág.
INDICE DE CUADROSiii
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Importancia del Nopal	3
2.1.1. Clasificación Taxonómica	4
2.1.2. Características Taxonómicas	4
2.1.3. Características Generales del Nopal.....	5
2.2. Calidad Nutritiva Del Nopal	5
2.3. Distribución Geográfica de las Nopaleras	7
2.4. Relación Nutricional de la Planta con la Estacionalidad.....	9
2.5. Relación Nutricional de la Planta con la Edad	10
2.6. Consumo por los Animales	12
2.7. Importancia del Maguey	12
2.7.1. Clasificación Taxonómica del Maguey.....	15
2.8. Distribución de los <i>Agaves</i> en México.....	15
2.8.1. Hábitats de Desarrollo.....	16
2.9. <i>Agave salmiana</i>	16
2.10. Calidad Forrajera del Maguey.	17
2.11. Distribución en México del <i>Agave salmiana</i>	18
2.12. Clasificación del <i>Agave spp.</i>	18
2.13. Descripción Botánica.....	19
2.14. <i>Agaves</i> con Mayor Producción de Forraje.....	19
2.15. Valor Nutritivo del Maguey	19
2.16. Digestibilidad de la Pared Celular en los Forrajes.....	22
2.16.1. Organismos Implicados en la Digestión de la Pared Celular.	23
Bromatológico	25
Digestibilidad	25

Factores que influyen en la Digestibilidad.....	26
Técnica <i>In Vitro</i>	26
III. MATERIALES Y METODOS	28
3.1. Localización del Área de Estudio	28
3.2. Metodología.....	29
3.2.1. Análisis Bromatológico.....	30
3.2.2. Digestibilidad <i>In Vitro</i>	30
3.3. Análisis Estadístico	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
CONCLUSIONES.....	51
V. LITERATURA CITADA.....	52

INDICE DE CUADROS

No. de Cuadro	Pág.
Cuadro 1. Análisis Bromatológico de <i>Opuntia streptacanta</i>	6
Cuadro 2. Análisis Bromatológico de Diferentes Géneros, Especies y Variedades de Nopal (MS%).....	7
Cuadro 3. Análisis Bromatológico de nopal forrajero.....	9
Cuadro 4. Análisis Bromatológico de dos variedades de <i>Opuntias</i>	10
Cuadro 5. Análisis Bromatológico de la Variedad de Nopal <i>rastrero</i> (% en base a Materia Seca).....	11
Cuadro 6. Digestibilidad <i>In Vitro</i> de la Materia Seca (DIVMS) de <i>Opuntia spp</i> a diferentes intervalos de tiempo.....	11
Cuadro 7. Coeficiente de la Digestibilidad <i>In Vitro</i> de la Materia Seca de <i>Agave americana</i>	20
Cuadro 8. Análisis Bromatológico de <i>Agave salmiana</i> y <i>Agave americana</i> ajustados en base a Materia Seca (%).....	21
Cuadro 9. Análisis Bromatológico de <i>Agave atrovirens karw</i> y del <i>Agave salmiana</i>	21
Cuadro 10. Digestibilidad <i>In Vitro</i> de la MS y de la MO (%) de <i>Agave atrovirens karw</i> y <i>Agave salmiana</i>	22
Cuadro 11. Composición Química de la <i>Opuntia rastrera</i>	34
Cuadro 12. Composición Química del <i>Agave salmiana</i>	35
Cuadro 13. Comparación de medias de los tratamientos de la DIVMS de la <i>Opuntia rastrera</i>	38
Cuadro 14. Comparación de medias de los tiempos de la DIVMS de la <i>Opuntia rastrera</i>	39
Cuadro 15. DIV de la materia seca de la <i>Opuntia rastrera</i>	40
Cuadro 16. Calculo de Fracciones de las muestras de <i>Opuntia rastrera</i>	42

Cuadro 17. Comparación de medias de los Tratamientos de la DIVMS del <i>Agave salmiana</i>	43
Cuadro 18. Comparación de medias de los tiempos de los tiempos de la DIVMS del <i>Agave salmiana</i>	45
Cuadro 19. DIV de la materia seca del <i>Agave salmiana</i>	47
Cuadro 20. Calculo de Fracciones de las Muestras del <i>Agave salmiana</i>	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Índice de figuras	Pág.
Figura 1. Comparación de la Composición Química entre Localidades (<i>Opuntia rastrera</i>).....	36
Figura 2. Comparación de la Composición Química entre Localidades (<i>Agave salmiana</i>).....	37
Figura 3. Comparación de la Composición Química entre <i>Opuntia rastrera</i> y <i>Agave salmiana</i> , y entre Localidades.....	37
Figura 4. Comparación de medias de los tratamientos de la DIVMS de la <i>Opuntia rastrera</i>	38
Figura 5. Comparación de medias de los tiempos de la DIVMS de la <i>Opuntia rastrera</i>	39
Figura 6. Digestibilidad <i>In Vitro</i> de la Materia Seca de la <i>Opuntia rastrera</i>	41
Figura 7. Grafica de Valores ajustados de la DIVMS de la <i>Opuntia rastrera</i>	43
Figura 8. Comparación de medias de los tratamientos de la DIVMS del <i>Agave salmiana</i>	44
Figura 9. Comparación de medias de los tiempos de la DIVMS del <i>Agave salmiana</i>	45
Figura 10. Digestibilidad <i>In Vitro</i> de la Materia Seca del <i>Agave salmiana</i>	47
Figura 11. Grafica de Valores ajustados de la DIVMS del <i>Agave salmiana</i>	49
Figura 12. Comparación de la DIVMS de la <i>Opuntia rastrera</i> y <i>Agave salmiana</i> , y entre Localidades.....	50

RESUMEN

Los objetivos de esta investigación fueron: Determinar el contenido nutricional y la digestibilidad *In Vitro* de la materia seca (DIVMS) de Nopal y Maguey a diferentes tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 horas). Se utilizaron tres muestras de nopal y tres de maguey cortadas en tres localidades. Se realizó un análisis bromatológico de las muestras de acuerdo a lo descrito por la A.O.A.C. Para determinar Fibra Detergente Ácida y Fibra Detergente Neutra se utilizó la metodología descrita por Van Soest (1994).

En la comparación entre Localidades en la composición Química para la muestra de Nopal la localidad dos fue la mejor porque la muestra de nopal presento menos cantidad de fibra y por lo tanto fue la más digestible, en las muestras de Maguey la mejor fue la Localidad tres ya que el Maguey muestreado presento menos fibra que las demás, y presento una buena digestibilidad. Haciendo una comparación entre especies por localidades, en la Localidad 1 y 2 la mejor especie fue el Nopal y en la Localidad tres la mejor especie fue el Maguey, pero haciendo una comparación por Localidades la mejor fue la Localidad dos.

La digestibilidad *in Vitro* de la materia seca, se analizó con un modelo estadístico completamente al azar con arreglo factorial, a diferentes tiempos de incubación 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 horas.

En la digestibilidad *in Vitro* para la muestra de Nopal la localidad dos tuvo mayor digestibilidad que las otras localidades pero sin embargo las tres localidades llegaron a su máxima digestibilidad a las 72 horas de incubación con resultados en la Localidad uno de 69.12%, Localidad dos 76.23% y localidad tres 73.69% con un nivel de significancia ($P < 0.05$), en el caso del Maguey las tres localidades obtuvieron su máxima digestibilidad en el tiempo de las 72 horas de incubación con resultados en la localidad uno de 78.41%, localidad dos 79.56% y la localidad tres 80.92% siendo estos similares.

En la DIV en la localidad 1, 2 y 3 el Maguey fue el que presento mayor digestibilidad comparándolo con el Nopal y haciendo una comparación entre localidades la mejor fue la Localidad dos.

Por lo tanto el nopal y el maguey contienen buen valor nutritivo y son muy digestibles, pero varía de acuerdo a la fisiología de la planta tal como la edad y la estacionalidad en la que es cortada o consumida.

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

Correo Electrónico; Anahi Martínez Montiel ana_montiel110390@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Los estados del Norte de México son caracterizados por ser productores de bovino de carne y leche así como también de ovinos y caprinos, contando con grandes extensiones de terreno. Sin embargo uno de los principales problemas que se presentan en estas regiones, son las pocas lluvias y su irregularidad, además de la poca disponibilidad de agua en el subsuelo (Maldonado, 1983).

En las zonas áridas y semiáridas de México que ocupan el 70% del territorio nacional, es común observar periodos prolongados de sequía y cambios extremos en las condiciones agroclimáticas. Esto hace que en estas zonas marginales sean muy difíciles las prácticas agropecuarias así como los cultivos que se utilizan para alimentar al ganado, lo cual ocasiona baja productividad 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 grado de palatabilidad y un alto grado de humedad (Maldonado, 1983).

El género *Opuntia* se encuentra entre la flora mejor adaptada a las condiciones desérticas, que ocupa aproximadamente 2.3 millones de hectáreas en nuestro país, existiendo también otras especies nativas de importancia forrajera (Maldonado, 1983).

Estas cactáceas se encuentran en diversas regiones del mundo. En México el nopal junto con el maíz y el maguey fueron la base de la agricultura para los pueblos prehispánicos. Apreciados también por los aspectos ecológicos y productivos del agostadero, es una fuente atractiva de alimento por la eficiencia que tienen en convertir agua en forraje que puede ser utilizado para la alimentación de animales. En años recientes diferentes variedades de nopal han pasado de ser vegetación indeseable que era removida para la siembra de gramíneas a cultivos altamente rentables ya sea en la producción de tuna y nopal fresco para consumo humano o bien como forraje. (Maldonado, 1983)

1.1. Objetivos

Determinar el contenido nutricional de nopal y maguey.

Determinar la digestibilidad *In Vitro* de la materia seca (MS) de nopal y de maguey a diferentes tiempos de incubación.

1.2. Hipótesis

Existe diferencia en el contenido nutricional de nopal y maguey.

Existe diferencia en la digestibilidad *In Vitro* de la MS en nopal y maguey.

El nopal presenta mayor digestibilidad que el maguey por el contenido de fibra.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia del Nopal

En el Norte de México se encuentra la zona árida conocida como el desierto Chihuahuense, que incluye una parte de los estados de Coahuila, Durango, San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo León, y Chihuahua. En donde la familia de las cactáceas es una de las especies que sobresalen, tanto en su diversidad, como por sus diferentes adaptaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas, que le permiten tolerar las condiciones ambientales en esta zona (Bravo 1978).

El nopal y el maguey son plantas endémicas de México está representada y distribuida en todos los tipos de vegetación, así como en los diferentes suelos que se presentan en esta región, lo cual las hace muy apreciadas ya que pueden producir forraje en condiciones desfavorables (Rezedowski, 1978).

En el Norte del país, los vaqueros tenían la tarea de obtener alimento adicional para los animales durante las sequías. El alimento se obtenía cortando de *Agave* sus hojas, y lo más importante, cortando pencas de *Opuntia* y quemando sus espinas para que el ganado pudiera comerlas; aunque de vez en cuando la planta era comida aun con espinas. La población más grande de *Opuntia* fue encontrada en San Luis Potosí, Tamaulipas y Nuevo León (Flores y Aguirre, 1992).

Los habitantes del Norte de México han utilizado la *Opuntia* como forraje durante varias décadas, y la industria lechera en las zonas áridas del Norte continúa usándola como forraje. En 1966, se utilizaban 600 toneladas diarias de *Opuntia* para el ganado en Monterrey, Nuevo León y 100 toneladas en Saltillo, Coahuila (Granados y Castañeda, 1991). Bovinos, y sobre todo las cabras y las ovejas, consumen la *Opuntia* casi todo el año. Los ganaderos queman las espinas de las pencas seleccionadas, aunque en ocasiones, también queman las de las plantas que aún no han sido cortadas. (Flores y Aguirre, 1992).

Según Reyes *et al.*, (2005) el nopal es la cactácea de mayor importancia económica en el mundo, existiendo un número inexacto de los nombres con los que es designada.

2.1.1. Clasificación Taxonómica

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

REINO: Vegetal

SUBREINO: Embryophita

DIVISION: *Angiospermeae*

CLASE: *Dicotiledoneae*

SUBCLASE: *Dialipetala*

ORDEN: *Opuntiales*

FAMILIA: *Cactaceae*

SUBFAMILIA: *Opuntioideae*

GENERO: *Opuntia*

SUBGENERO: *Platyopuntia*

ESPECIE: *rastrera*

2.1.2. Características Taxonómicas

Familia Cactaceae. Se divide en 122 géneros, en tres tribus: *Pereskieae*, *Opuntieae* y *Cereeae*. Lozano (1958), señala que esta familia comprende 100 géneros y 1000 especies o más, casi todas de América y abundante en México y Centro América.

Subfamilia Opuntioideae. Suculentas con tallos aplanados y articulados, hojas pequeñas y caducas, areolas gloquididas y flores rotiformes; los géneros más conocidos son: *Opuntia*, *Pereskia* y *Nopalea*. Solo *Pereskia* es laminar y carnoso; presenta tubérculos prominentes, areolas circulares hasta elípticas, con fieltros, pelos, gloquidas y espinas; flores diurnas y vespertinas y sésiles una en cada areola. En México existen estas tres especies (Bravo, 1978).

Genero *Opuntia*. Son plantas arborescentes, arbustivas o rastreras, simples o cespitosas; tronco bien definido, presenta ramas erectas desde la base extendidas y postradas; raíces fibrosas; areolas con espinas cilíndricas y aplanadas, desnudas o con vainas; usualmente numerosas y pelos. El género se subdivide en dos subgéneros: *Cylindropuntia* (cladodios cilíndricos) ramas delgadas, llamadas tasajos, tasajillo y alfilerillo. No tiene importancia económica y se ocupa para setos; y *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. La *Platyopuntia*, representa a los nopales cultivados y también incluye a las especies silvestres con frutos muy bien aceptados por la población regional. Abarca a especies forrajeras de mayor significancia, aunque hay otras de menos importancia (Bravo, 1978).

2.1.3. Características Generales del Nopal

El nopal es una fuente de almacenamiento de agua que resguarda en los meses de sequía. El contenido de agua puede variar desde 93 por ciento en pencas jóvenes y cultivadas menores de un año (*Opuntia ficus-indica*), hasta un 70 por ciento en variedades silvestres (*Opuntia imbricata*), en épocas de sequía (López 1998, Pimienta, 1988).

2.2. Calidad Nutritiva Del Nopal

(De Alba, 1971; Espinoza, 1987; Flores, 1977; Belasco, 1958), mencionan que la calidad nutritiva del nopal depende de varios factores, que influyen sobre esta en menor o mayor grado; siendo algunos factores, 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, etc., factores físicos y químicos del suelo.

Cuadro 1. Análisis Bromatológico de *Opuntia strephtacanta*. (De la Rosa, 2013).

NUTRIENTES	(%)
Materia Seca	14.10
Materia Orgánica	73.46
Proteína	5.47
Extracto Etéreo	2.17
Fibra Cruda	13.10
Cenizas	26.54
ELN	52.41
FDA	13.10
FDN	10.41

De la Rosa, (2013), en el análisis bromatológico que realizó de la muestra de nopal muestra un porcentaje bajo de materia seca y un porcentaje de 5.47% de proteína.

Van Soest, (1994). Menciona que para mantener la actividad microbiana en el rumen es necesario como mínimo 7% de Proteína Cruda. El nopal es bajo en contenido de proteína cruda (5.1%); pero por su gran disponibilidad, en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, es usado como forraje durante todo el año (Ramírez *et al.*, 2000; Murillo *et al.*, 1994).

Flores y Aguirre (1992) y Murillo *et al.*, (1994), señalan que hasta la fecha se han realizado análisis bromatológicos de nopal (**Cuadro 2**) donde se reportan resultados muy variados entre las diferentes especies.

Cuadro 2. Análisis Bromatológico de diferentes Géneros, Especies y variedades de Nopal (Materia Seca, %).

ESPECIE	MS	MO	PC	GC	Fibra	Ceniza	ELN	Autor
<i>O. cantabrigiensis</i>	11.86	68.46	4.79	1.09	3.71	31.54	58.87	Palomo, 1963
<i>O. lindehimeri</i>	11.57	74.51	4.15	1.03	3.02	25.50	66.25	“
<i>O. robusta</i>	10.38	81.41	4.43	1.73	17.63	18.59	57.61	“
<i>O. 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>	13.36	81.55	3.66	1.76	9.18	18.45	69.95	Baurer y Flores, 1969
<i>O. spp.</i>	10.01	-----	5.71	3.01	8.11	12.01	55.01	Lastras y Pérez, 1978
<i>O. ficus-indica</i>	7.96	-----	4.04	1.43	8.94	19.92	65.67	“

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

2.3. Distribución Geográfica de las Nopaleras

En México se pueden distinguir cuatro grandes zonas nopaleras, considerando su abundancia, sus características fisiológicas y las condiciones climáticas y edáficas donde crecen (López y Elizondo 1988 citado por Gopar, 2001).

- a. Zona Centro-Sur, comprende los Estados de México, Puebla, Querétaro y Oaxaca; se encuentran nopaleras de porte alto, productoras de verdura, fruta y forraje, la mayoría son especies cultivadas en pequeñas huertas. Se explota *Opuntia ficus indica*, *O. megacantha*, *O. amyclaea* y *O. tomentosa*.

b. Zona del Altiplano, ocupa en mayor extensión los estados de Zacatecas y San Luis Potosí y en menor proporción Aguascalientes, Durango, Guanajuato y Jalisco. Abundan *O. streptacantha* (nopal cardón), *O. leucotricha* (nopal duraznillo); en menor cantidad le asocian *O. Robusta* (nopal tapón) y otras *Opuntias* de tipo rastrero.

c. Zona Norte (Desierto Chihuahuense), es la región más extensa; comprende parte de los Estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas y Coahuila; área donde el nopal crece en forma natural y su porte es arbustivo; se encuentran nopales de uso forrajero como *O. cantabrigiensis* (*Nopal Cuijo*) y *O. pheacantha* (*Nopal Rastrero*).

d. Zona de la Planicie Costera del Golfo, es la parte noreste de México, abarca la zona noreste de Coahuila, el área norte de Nuevo León y Tamaulipas. Las plantas de nopal son de tipo arbustivo como la *O. lindheimeri* y sus variedades, existen otras de importancia forrajera.

Por su parte Marroquín *et al.*, (1964), distinguen tres zonas nopaleras en las regiones centro y norte de la República Mexicana que son:

a. Zona nopalera Potosina-Zacatecana. Además de San Luis Potosí y Zacatecas incluye partes de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Jalisco y Durango. Las temperaturas oscilan entre 12 y 20°C, el suelo formado por rocas en el que predominan matorrales en los que se puede encontrar *Opuntia streptacantha*, *Opuntia leucotricha*, *Opuntia robusta*, *Opuntia imbricata*.

b. Zona nopalera del noreste de México. Comprende el norte de Tamaulipas y oriente de Nuevo León. Es una zona de colinas y llanuras de poca elevación donde abunda el mezquite, con temperaturas medias de 11 y 30°C en meses calurosos. Las especies que se pueden encontrar son *Opuntia lindheimeri* y *Opuntia engelmannii*.

c. Zona nopalera difusa. Esta zona incluye sólo las partes calizas de San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo León, Coahuila y partes áridas de Durango y Chihuahua. Es una zona de planicies y sierras calizas con matorrales desérticos, en estas zonas se pueden encontrar *Opuntia cantabrigiense*, *Opuntia rastreara*, *Opuntia microdasys* y *Opuntia macocentra*.

2.4. Relación Nutricional de la Planta con la Estacionalidad

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 (Stintzing y Carle, 2005). 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.

Palomo (1963), menciona que en el nopal las diferencias bromatológicas entre una especie y otra son muy variables de acuerdo a cada estación del año.

Cuadro 3. Análisis Bromatológico del nopal forrajero (N.A.S, 1972).

NUTRIENTES	(%)
Materia seca	16.8
Materia orgánica	82.0
Cenizas	18
Fibra cruda	10.3
Proteína	5

2.5. Relación Nutricional de la Planta con la Edad

Un factor inherente sobre el rendimiento de 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).

Cuadro 4. Análisis Bromatológico de dos Variedades de *Opuntias*
(Martínez, 2011).

Nutriente (%)	<i>Opuntia pheacantha</i>	<i>Opuntia ellisae</i>
Materia Seca Total	23.05	23.84
Proteína	2.33	2.18
Extracto Etéreo	1.43	1.41
Cenizas	91.31	91.92
Fibra Cruda	87.82	21.92
FDA	35.66	44.39
FDN	85.97	84.45

Martínez, (2011) presenta una comparación nutricional entre las dos variedades de *Opuntias* donde se observa que ambas presentan valores semejantes en las variables Materia seca total, materia seca parcial, proteína y extracto etéreo, mientras que en las demás se muestra una diferencia.

Cuadro 5. Análisis Bromatológico de la Variedad de Nopal *rastrero* (% en base a Materia Seca). Flores y Aguirre, 1992.

Genotipo	MS	MO	PC	Gasa Cruda	Fibra	Cenizas	E.L.N	Autor
O Rastrera	14.41	59.89	2.78	0.76	6.18	40.11	43.23	Palomo,1963

Cuadro 6. Digestibilidad *In Vitro* de la materia seca (DIVMS) 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

El **Cuadro 6**, muestra los resultados que obtuvo de la digestibilidad *In Vitro* en base a materia seca (DIVMS) a diferentes intervalos de tiempo; tratamiento 1 obtuvo un resultado de 39.51% (0hrs), tratamiento 2, 46.31% (3 hrs), tratamiento 3, 65.48% (6 hrs.), tratamiento 4, 68.78% (12 hrs), tratamiento 5, 75.57% (24hrs), tratamiento 6, 90.05% (48 hrs.) y tratamiento 7, 84.82% (72 hrs), en los que se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$). Los valores encontrados muestran un constante incremento de la DIVMS hasta las 48 hrs, seguido por una disminución a las 72 hrs. esto se debe probablemente a la pérdida de sustrato para seguir con la digestibilidad (Espinosa, 2011).

Estos resultados difieren con lo obtenido por Abrego (2009), donde se observó DIVMS a las 72 hrs. de 80.31% de nopal in natura sin ningún subproducto de cervecería y de 77.95% con nopal al 80% + 10% de melaza y 10% de

subproductos de cervecería y a las 24 hrs. una digestibilidad de 71.79% con nopal al 70% + 10% de melaza y 20% de subproductos de cervecería. Este mismo autor registró digestibilidad de nopal ensilado adicionado con subproductos de cervecería en el cual obtuvo digestibilidad de 76.28% a las 72 hrs. con nopal al 70% + 10% de melaza y 20% de subproducto de cervecería, 75.18% con nopal al 60% + 10% de melaza y 30% de subproducto de cervecería a las 24 hrs. y el nopal sin ningún subproducto de cervecería y sin melaza tuvo la mayor digestibilidad de 61.32% hasta las 96 hrs.

2.6. Consumo por los Animales

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

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

2.7. Importancia del Maguey

La ganadería explotada en el norte de México cada vez va creciendo, por lo tanto también crecen las necesidades alimenticias por lo que cada vez se buscan mejores formas para solventar este rubro. Aunque en la actualidad, los factores que más contribuyen a alterar los patrones tradicionales de uso de los recursos son, el propio deterioro de los recursos naturales; el crecimiento demográfico y el aumento de la pobreza en el campo, debido a la baja

productividad primaria, y los cambios socioculturales determinados por la migración temporal y definitiva (Luna, 1996).

La importancia socioeconómica y agroecológica del Maguey se hace evidente en el uso que se le da como forraje para la alimentación del ganado. Constituye una de las mejores opciones forrajeras, debido a la alta eficiencia en el uso del agua y a la adaptación del recurso a diferentes hábitats, sobre todo en las zonas semidesérticas.

Del *Agave* se utilizan las hojas e incluso la piña para darlo como suplemento a los animales ya que les proporcionan altos niveles de energía digestible, minerales y agua, los cuales cubren los requisitos de mantenimiento y producción de ganado. Se hace notar que para lograr obtener el beneficio del potencial de su alta digestibilidad, es necesario suplementar con nitrógeno mismo que las bacterias del rumen necesitan para digerir la fibra. Los ganaderos acostumbran picarlo en el campo o en el corral y combinarlo con otras fuentes de alimentos como los residuos de cosecha. Con esta práctica se reduce la tasa de mortalidad de ganado, se reduce el consumo de agua, se reduce la compra de forraje, pudiéndose tener mayor carga animal en los predios, así como una mejor distribución y consumo de sales minerales lo que redundaría en una mejor condición física del ganado (García *et al.*, 2010).

El *Agave* usado como forraje para rumiantes también tiene importancia por su alta productividad, su empleo en periodos críticos del año (estiaje) y sus ventajas nutrimentales, como son: su alto contenido de azúcares, material mineral y fibra cruda, lo cual se aprovecha si se emplea una base regular de alimentación del ganado durante todo el año. El *Agave*, con una densidad de 750 plantas/ha tiene una productividad de 55 toneladas de forraje fresco (6.1 ton de materia seca) (Martínez, 1994). Comparándolo con el nopal con 1,250 plantas ha⁻¹, produce 32 toneladas de forraje fresco (3.5 t de materia seca) (Hamilton, 1992).

Se ha comprobado que la alimentación de borregos con gabazo de maguey (*Agave tequilana*), combinado con rastrojo de maíz, suplementado con rastrojo de soya y harina de pescado o harinolina (proteína cruda), permite a los animales mantener su peso durante la época de escasez de alimentos,

logrando acortar el tiempo para llegar al peso de mercado, además de mantener la fertilidad de las hembras.

Entre las plantas más destacadas del paisaje mexicano, en especial de las zonas áridas y semiáridas de México, están los *Agaves*, considerados especies clave esas regiones, tanto por su abundancia como por la cantidad de recursos que proporcionan a otros organismos.

En México los *Agaves* han tenido una gran importancia económica y cultural para varios pueblos indígenas y mestizos, que los han aprovechado durante siglos como fuente de alimento, bebida, medicina, combustible, cobijo, ornato, fibras extraídas de las hojas (Ixtle), abono, construcción de viviendas y elaboración de implementos agrícolas.

Dentro de las adaptaciones ecológicas de las plantas de zonas áridas se encuentra la succulencia, la cual es característica de aquellas especies que retienen agua y la administran durante la época de sequía. En esta estación sus raíces mueren debido a que las plantas no absorben agua del suelo; entre estos se encuentran los *Agaves* (Walter, 1977).

El sistema de la raíz de los *Agaves* es superficial, lo cual facilita la absorción de agua de lluvia, generalmente escasa que solo humedecen la superficie del suelo; de tal manera que la probabilidad de supervivencia de una roseta en sequías prolongadas depende del volumen de agua y de los carbohidratos durante la época favorable. Asimismo, en época seca el agua almacenada ayuda a mantener las reacciones bioquímicas y la apertura de estomas para la asimilación de carbono (CO₂) aun en condiciones prolongadas de sequía, que pueden durar hasta siete años. El abundante desarrollo de fibras en los tejidos de las hojas mantiene su rigidez durante los periodos de pérdida de agua, logrando con esto que no se deformen los tejidos; esta función se complementa con la presencia de dientes en el margen y una espina terminal (García, 2009).

Los *Agaves* viven en suelos rocosos, arcillosos, bien drenados y ricos en nutrientes, son capaces de sobrevivir en zonas desérticas donde el agua es muy escasa, son plantas xerofitas, adaptadas a vivir en condiciones climáticas

desfavorables, con largos periodos de sequía y altas temperaturas (García, 2009).

Estos *Agaves* poseen estrategias para sobrevivir en ambientes secos con fuertes temperaturas entre el día y la noche, las cuales tienden a delimitar la pérdida de agua por transpiración y a acumularla en tejidos especializados (García, 2009).

Esta planta es otra más de las especies utilizadas de última opción como forraje para alimentar al ganado en el Norte del país aun siendo considerada con un valor nutritivo bajo pero con demasiada humedad ya que la disponibilidad de algún otro tipo de forraje es muy nula.

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

Reyno: *Plantae*

Filo: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Aparagales*

Familia: *Agavaceae*

Género: *Agave*

Especie: *salmiana*

2.8. Distribución de los *Agaves* en México

En México, el género *Agave* tiene una amplia distribución, se encuentra en más de 75% del territorio; sin embargo, su distribución es altamente asimétrica, hay regiones que poseen más especies que otras. Son muy diversos en las provincias áridas y semiáridas del centro y norte, pero su número disminuye drásticamente hacia las provincias húmedas y cálidas del sur por lo que su ausencia es notoria en estados como Tabasco, Campeche y Quintana Roo. Son abundantes en las provincias florísticas de las Serranías Meridionales del Centro de México, Sierra Madre Occidental, Altiplano Mexicano, península de Baja California y Sierra Madre Oriental. Pero al subdividir a México en

cuadrantes de un grado de longitud por un grado de latitud, el área de mayor riqueza corresponde a un cuadrante ubicado en la provincia del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, con 15 especies. Es el área de mayor diversidad en México pues no solo conserva una gran riqueza de grupos taxonómicos si no también fitogenéticos. (García, 2009).

El subgénero *Agave* está conformado por 103 especies, ocupa un área mayor en la República Mexicana, y sus taxones tienen áreas de distribución más amplias, pero también la zona con mayor riqueza se ubica en el Valle de Tehuacán. (García, 2009)

2.8.1. Hábitats de Desarrollo

Las especies de *Agave* crecen en un gran número de hábitats de México, desde el nivel del mar hasta 3400 metros de altitud, aunque vienen siendo más comunes entre 1000 y 2000 msnm. (García, 2009)

Son abundantes en los diferentes tipos de matorral xerófilo pueden llegar a ser dominantes o codominantes, de tal manera que las comunidades vegetales reciben nombres que aluden a sus formas de vida, como lo es el matorral rosetófilo. También crecen en vegetaciones de tipo templado, preferentemente en el bosque de encinos. (García, 2009)

2.9. *Agave salmiana*

Nombre común: “Maguey verde”, “Maguey pulquero”.

Planta de tamaño mediano a grande, con vástagos cortos, con renuevos marcadamente surculosos, formando rosetas de 1.5 a 2.0 m de alto. Hojas de 100-200 cm de largo y 20-35 cm de ancho, lineares lanceoladas, acuminadas, gruesas y carnosas; color verde a glauco grisáceo, profundamente convexo hacia la base, cóncava o hasta acanalada hacia la punta, el ápice curvado sigmoide, margen sinuado, a veces mamilado; dientes más grandes a lo largo de la parte media de la hoja, en su mayoría de 5 a 10 mm de largo, con una separación de 3 a 5 cm, de color castaño a castaño grisáceo, las cúspides

derechas recurvadas desde la parte amplia de la base, espinas largas, gruesas, subuladas, de 5-10 cm de largo, café oscuro acanaladas por arriba de la mitad de su longitud, largo decurrentes, a veces a la mitad de la hoja con un fuerte margen córneo; Inflorescencia fuerte, pedúnculo de 7-8 m de altura; cerradamente imbricado con brácteas carnosas y grandes; panícula amplia, con 15-20 grandes umbelas desarregladas a partir de la mitad superior del eje; flores de 80-110 mm de largo, gruesas y carnosas, amarillas sobre el ovario verde; ovario de 50-60 mm de largo, grueso, cilíndrico con constricciones en el cuello; tubo largo infundibuliforme, 21-24 mm de profundidad, 20 mm de ancho, grueso entre los surcos de la espina; tépalos desiguales, lanceolados, rizados entre los exteriores 21-25 mm de largo y 6 mm de ancho y pandeándose en la base, angosta arriba, con margen delgado e involuto, el interior corto, con amplia quilla filamentos 55-70 mm de largo insertos desigualmente apenas por encima de la parte media del tubo, los de los tépalos más externos, 1-3 mm más arriba que los otros; anteras de 30-35 mm de largo, amarillas, excéntricas; pistilos alargados en la post-floración; fruto una cápsula de 5.5-7 cm de largo y 2-2.2 cm de ancho, estipitada puntiaguda leñosa, color café; semillas de 8-9 mm de largo y 6-7 mm de ancho, negras, lacrimiformes, ovoides, hilo poco profundo, apical. (Castillo *et. al.*, 2006)

2.10. Calidad Forrajera del Maguey.

Esta depende de la parte que sea utilizada, aunque el uso más común son las hojas. En hojas de *Agave salmiana* se determinó por electroforesis que los niveles de minerales como Ca, Mg, Zn, Fe y Cu, satisfacen los requerimientos diarios de ganado lechero (Silos *et al.*, 2005). En animales con raciones bien formuladas, donde se combinan diversos alimentos para que se logre una óptima digestión, hay una digestibilidad del maguey arriba del 80 %, dependiendo de la parte de la planta (penca, piña, y quiote), de su edad y del estado fisiológico. Así, el ensilaje del maguey es una opción práctica para administrarlo finamente picado y apropiadamente balanceado.

De acuerdo con (Pinos *et al.*, 2008), la parte superior y baja de las hojas de *Agave salmiana* son buena fuente de carbohidratos solubles. Sin embargo tiene bajos contenidos de proteína cruda por lo cual es necesario un complemento proteínico. *Agave salmiana* ensilado disminuye su concentración de saponinas, teniendo una fermentación aceptable. El análisis de la Composición Química sugiere que las plantas maduras (piña) y los brotes son los estados más deseables del Agave para ser usado como forraje para rumiantes. Zamudio *et al.*, (2009), menciona que la combinación de agave-alfalfa mejora la calidad nutricional, la digestibilidad ruminal permitiendo el ensilado de agave; la inclusión de alfalfa mejora las características nutricionales del ensilado de agave para rumiantes.

2.11. Distribución en México del *Agave salmiana*

De acuerdo a lo descrito por Castillo *et al.*, (2006) en los Estados de Coahuila, Nuevo León, Durango, Hidalgo, Aguascalientes, San Luis Potosí y Michoacán es donde se encuentra la mayor distribución de Agave en México.

2.12. Clasificación del *Agave spp.*

De acuerdo a lo mencionado por Berger (1925), la clasificación del género *Agave* se basa principalmente en las siguientes características:

- 1.- Disposición y número de hojas.
- 2.- Forma, tamaño, color, consistencia y textura de las hojas.
- 3.- Forma, tamaño, color y disposición de las espinas marginales y de la púa terminal.
- 4.- Forma del eje floral y de la yema central.
- 5.- Tipo de inflorescencia y forma de la flor.
- 6.- Existencia de estolones rizomas secundarios.
- 7.- Forma del tallo.

2.13. Descripción Botánica

La planta de maguey consta de raíz fibrosa, tallo muy corto y grueso, hojas conocidas como pencas en número de 30 a 50, de color verde, amarillo hasta el azulado, con tonalidades grises, cóncavas de una longitud de 1.5 a 2.0 metros, con espinas en sus bordes terminados en punta y rematados por una púa o espina y están unidas muy juntas formando una roseta, las hojas de la mitad de su longitud son más delgadas y más anchas que su base para ir reduciendo su anchura hasta su extremo superior hasta terminar en las espinas; están revestidas de una cutícula apergaminada que les sirve para evitar la evaporación (Sánchez, 1965).

2.14. Agaves con Mayor Producción de Forraje

Nobel (1990), menciona que los *Agaves* con una alta producción forrajera en México aún con precipitaciones limitadas son las siguientes: *Agave mapisaga*, *Agave salmiana*, *Agave tequilana* y *Agave atrovirens karw*, obteniendo de estas variedades una producción de aproximadamente 25 toneladas de Materia Seca/Ha/Año.

2.15. Valor Nutritivo del Maguey

Hughes *et al.*, (1984). Mencionan que el valor nutritivo de un forraje está determinado por su composición química y su digestibilidad. La composición química está determinada por la naturaleza de la planta, pero la digestibilidad depende tanto de la planta como del animal. La cantidad de un forraje consumido depende de la facilidad con que un animal e ingiera, de la velocidad que sea digerido, de la cantidad de forraje puesto a disposición y de los efectos directos del medio sobre el animal que se está alimentando, por esta razón cualquier cantidad de alimento que se le ofrezca al animal, el consumo de este puede ser afectado por cualquiera de estos factores mencionados.

Mezclas de silos de *Agave* y Alfalfa sobre la fermentación ruminal y el crecimiento de cabras fueron evaluados por Zamudio *et al.*, (2009), encontrando que el ensilado mejora la calidad nutricional, la digestibilidad

ruminal y el consumo del silo de *Agave*, al incrementar el nivel de Alfalfa. Lo anterior muestra que el maguey es un ingrediente con buena digestibilidad en la alimentación de rumiantes, sin embargo, es difícil satisfacer los requerimientos de mantenimiento usando solo este ingrediente, por lo que debe de mezclarse con otros alimentos de mayor calidad (Arizpe, 1975).

Cuadro 7. 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

^{ab} literales diferentes en líneas indican diferencias (P<0.05)

En el **Cuadro 7**, se observa la diferencia que existe en la digestibilidad entre ambas variedades de maguey en los diferentes tiempos de incubación empleados (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 horas), en donde la variedad *salmiana* fue superior numéricamente en casi todos los tiempos, excepto en el tiempo 48 y 72 horas y de acuerdo a la diferencia mínima entre estos dos tiempos, se observa que se obtuvo el mismo valor de digestibilidad entre ambas variedades. (Gómez, 2003).

Cuadro 8. Análisis Bromatológico de *Agave salmiana* y *Agave americana* ajustados en base a Materia Seca (%). (Gómez, 2003)

Nutrientes	<i>Agave salmiana</i>	<i>Agave americana</i>
Materia Seca	12.03	14.85
Proteína Cruda	8.41	5.26
E.L.N	55.83	59.10
Extracto Etéreo	1.83	1.27
Fibra Cruda	16.93	19.28
Cenizas	17.00	15.09

En el **Cuadro 8**, se observa que el contenido de fibra de ambas variedades de maguey, no son tan elevados por lo que se cree que los nutrientes de estas son muy digestibles, debido a la cantidad de fibra que presentan.

Cuadro 9. 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

E.L.N= Extracto Libre de Nitrógeno

El **Cuadro 9**, señala que el *Agave salmiana* tiene mayor porcentaje de proteína y menor porcentaje de fibra cruda en comparación con el *Agave americana* esto puede deberse a la fisiología de la planta como la edad.

Cuadro 10. Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca y de la Materia Orgánica (%) de *Agave atrovirens karw* y *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

El **Cuadro 10**, muestra que en el *Agave atrovirens karw* presento mayor digestibilidad de la materia seca y de la materia orgánica en comparación del *Agave salmiana*.

2.16. Digestibilidad de la Pared Celular en los Forrajes

Los rumiantes han desarrollado la habilidad de utilizar el material vegetativo de las plantas como su única fuente de nutrientes, por medio de los microorganismos que se alojan en el rumen. Aproximadamente del 35 al 80% de la materia orgánica de los tejidos vegetales se encuentra en la pared celular, la cual proporciona rigidez estructural a la planta. Sin embargo los rumiantes que dependen exclusivamente de las plantas consumidas en libre pastoreo obtienen solo de un 30 a 40% de la energía digestible consumida de la pared celular del forraje (Jung y Allen 1995).

Galyean *et al.*, (1993). Mencionan que se han reportado animales que consumen altos niveles de forraje con alta concentración de pared celular y tiene baja digestibilidad por lo tanto la disponibilidad de energía en su dieta es limitada.

Señales de pared celular provocadas por la predación de insectos inducen a la producción de moléculas defensa, formándose capas de proteínas y ligninas, como respuesta a la invasión de patógenos fungales y virales, este proceso tiende a reducir el grado de digestibilidad de la pared celular (Bowles, 1990).

La estructura y función de la pared celular está controlada por la composición y organización de los componentes individuales. El grado de lignificación y la

formación de complejos lignina-carbohidratos son los factores que controlan la degradación de la pared. Todos los polisacáridos dentro de la matriz de la pared celular son igualmente afectados por la lignificación. Otros estudios sugieren que la tasa de degradación de la celulosa no cambia cuando la pared celular es delignificada; sin embargo, la reducción en el tamaño de partícula tiene un efecto positivo sobre la degradación de la celulosa (Hatfield, 1993).

La lignificación de la planta es uno de los factores que más afecta a la degradación microbiana de los forrajes, tanto por su indigestibilidad en cuanto a su relación con las cadenas de hemicelulosas. El carácter hidrofóbico de la lignina acentúa el proceso de deshidratación de la pared celular a medida que aumenta la edad de la planta, lo que disminuye la accesibilidad de los polisacáridos estructurales (Fonde, 1997).

Otro factor en el forraje, además de la lignina que limita la degradación de la pared celular es la cutícula que contiene ceras y polímeros cerosos, su efecto sobre la degradación parece estar limitado a la membrana cuticular. (Van Soest, 1994).

2.16.1. Organismos Implicados en la Digestión de la Pared Celular.

Las condiciones en la panza son anaeróbicas, es decir sin aire y por lo tanto solo ciertos organismos pueden vivir en ese medio. Se conocen más de 30 especies de infusorios que viven en cantidades hasta de cuatro millones por centímetro cubico de material de la panza. Las bacterias son todavía más numerosas, y de muchas clases, las especies de microorganismos cambian con distintos forrajes y diferentes estaciones del año. También existen levaduras y hongos (De Alba, 1958).

Se conocen algunos factores que favorecen la acción de los microorganismos como coadyuvantes de la digestión. En primer lugar que a mayor proporción de azúcares y almidones, menos digestión de fibra bruta. Es decir, los microorganismos atacan más la celulosa mientras menos acceso tiene a hidratos de carbono de fácil digestión. También se sabe que ciertos forrajes favorecen el desarrollo de bacterias y su acción sobre la fibra. En este sentido

es notable la Alfalfa y que a mayor proporción de proteínas, mayor es el vigor de los microorganismos y de su ataque sobre las fibras. Por lo tanto una ración deficiente en proteína resulta doblemente dañosa y antieconómica porque es más difícil digerirla que una ración adecuada en proteína. Cuando los microorganismos de la panza tienen oportunidad de multiplicarse rápidamente, pueden utilizar formas no proteicas de nitrógeno: amidas, sales de amoniaco, urea, inclusive se ha llegado a probar que el rumiante puede por un tiempo utilizar la urea como única fuente de nitrógeno. Durante ese tiempo el rumiante ha seguido creciendo y no sufre deficiencia de ningún ácido aminado, dando evidencia de que los ácidos aminados esenciales eran manufacturados por los microorganismos a partir de la urea (Loosli *et al.*, 1949).

Protozoos. El efecto de los protozoos sobre la digestión de la fibra vegetal depende del papel y de la importancia relativa de los distintos géneros y especies en el ecosistema ruminal. En general, la presencia de protozoos aumenta, directa o indirectamente, la digestión ruminal de celulosa y hemicelulosas respecto a animales defaunados. (Fonde, 1997).

Hongos. La población de hongos anaerobios del rumen está directamente relacionada con el contenido en fibra de la dieta y su proporción disminuye en dietas ricas en almidón o azúcares solubles. Los hongos ruminales tienen capacidad enzimática de hidrolizar celulosa y xilano, aunque parece que no pectina. Lógicamente, su actividad enzimática frente a estos substratos es variable dependiendo de su origen filogenético, en especial de su estructura rizoidal, pero se ha postulado que algunas especies, como *Neocallimastix frontalis*, *Piromyces communis* y *Orpinomyces joyonii* son tanto o incluso más eficientes en la digestión de los polisacáridos estructurales como las especies bacterianas más activamente celulolíticas. (Fonde, 1997).

Bromatológico

El análisis bromatológico es una herramienta que nos permite valorar el poder nutritivo de un alimento, así como su poder productivo, ya que por medio de él se determinan cuantitativamente los principios inmediatos. (Cantú, 1984).

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 indirecta 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 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).

Factores que influyen en la Digestibilidad

Puesto que las pérdidas en digestión son las de mayor magnitud en la alimentación animal, conviene analizar a fondo cuales son las diferencias en digestibilidad atribuibles a factores fáciles de conocer, como la especie animal, la edad del animal y del forraje. (De Alba, 1971).

Orskov *et al.*, (1982). Mencionan que uno de los factores que afectan la degradabilidad de los alimentos es el pH del líquido ruminal, ya que en su investigación encontraron que cuando el pH es menor de 6.2 se inhibe el crecimiento de las bacterias celulolíticas y hemicelulolíticas afectando por supuesto la degradación.

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 y mezclado con una solución amortiguadora que simula la saliva del rumiante. A diferencia del rumen, en los sistemas *In Vitro* no hay un suministro continuo de saliva que podría proporcionar el nitrógeno; por eso es importante suministrar todos los nutrientes necesarios, particularmente amoníaco que podría llegar a ser limitado en los forrajes de pobre calidad; hay poca oportunidad para los nutrientes digeribles escapar a la fermentación (Van Soest, 1994).

Fisher *et al.*, (1989) indican que la extensión de Digestibilidad *In Vitro* de la Materia seca a las 48h generalmente se correlaciona bien con los coeficientes de digestión *in vivo*. Sin embargo, no todos los forrajes tienen su máxima extensión de desaparición a las 48 hrs. Por lo tanto, al utilizarla se debe tener más cuidado, en interacciones que ocurren entre proporción de paso, tamaño de la partícula, masticación y digestibilidad en los sistemas *in vivo*.

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 *subarmataa*, las cuales se cortaron las pencas cada mes durante la estación de primavera. El análisis bromatológico se hizo mediante un modelo completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, para la determinación de la cinética de la digestión de la fibra utilizó la técnica *In Vitro* descrita por Tilley y Terry (1963), con la modificación de Goering y Van Soest (1970) en la cual se interrumpió a diferentes tiempos de incubación (4, 8, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 y 96 horas), el cual fue analizado mediante el modelo de regresión lineal simple, donde para el análisis bromatológico obtuvo una diferencia significativa ($P < 0.05$) para los contenidos de Materia Seca Total (MST), Cenizas (C), Extracto Etéreo (EE), Proteína Curda (PC), Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) y Materia Orgánica (MO), para la digestibilidad *In Vitro* de Materia Seca (DIVMS) y Materia Orgánica (DIVMO) no obtuvo una diferencia significativa para cada una de las especies, pero la *O. ficus indica* tuvo la mayor DIVMS de 58.8% y una DIVMO de 63.49%.

III. MATERIALES Y METODOS

a. Localización del Área de Estudio

El material vegetativo fue recolectado en áreas del Municipio de Ramos Arizpe, Estado de Coahuila en tres áreas específicas. Con coordenadas 100°57'0" Longitud Oeste y 25°32' Latitud Norte, a una altura de 1,380 msnm, en pendientes nulas de 0 a 10% (Valle), con una erosión hídrica de 20% y poca presencia de floración rocosa nula de 0 a 10% con pedregocidad escasa de 10 a 30%. Este municipio se encuentra aproximadamente a 10 km de la Ciudad de Saltillo. El clima predominante es seco semiárido y seco templado, presenta una temperatura media anual que oscila entre los 12 - 22°C con un rango de precipitación de 100 – 600mm. (INEGI, 2009)

Fisiografía

El área de estudio es el Municipio Ramos Arizpe y se encuentra ubicado al Sureste del estado de Coahuila. En el lado Oeste del Municipio se encuentra la sierra La Paila, abarcando todo el Suroeste y gran parte del Noroeste del Municipio y al Este se encuentra la Sierra Las Cuatas en los límites de Nuevo León. (INEGI, 2009)

Clima

El Municipio tiene una temperatura media anual oscila entre 12-22°C, con un rango de precipitación de 100 - 600 mm, los climas predominantes son: muy seco semicálido (50%), Seco semicálido (30.8%), Semi seco templado (13%), Seco templado (6%) y Templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año (0.2%). (INEGI, 2009)

Suelos

Los suelos dominantes son: Leptosol (34.6%), Calcisol (27.3%), Phaeozem (15.8%), Regosol (10.2%), Solonchak (4.4%), Luvisol (2.9%), Kastañozem (1.5%), Cambisol (0.8%), Chernozem (0.7%), Gypsisol (0.7%), Arenosol (0.5%), No aplicable (0.4%) y Fluvisol (0.2%). (INEGI, 2009).

Tipo de Vegetación

La mayor parte de la vegetación en las áreas de estudio está compuesta por Matorral Crasirosulifolio espinoso, a este tipo de vegetación lo componen las plantas arbustivas o subarbustivas con tallos y hojas modificadas, estrechas carnosas-espinosas que se arreglan en forma de roseta, las especies que se encuentran en esta comunidad vegetal son: Lechuguilla (*Agave lechuguilla*), esta se notó con mayor abundancia, Maguey (*Agave spp.*) se encontró muy escaso, Palmas (*Yucca carnerosana* y *treculeana*), Sotol (*Dasyilirion palmeri*), Nopal cegador (*Opuntia microdasys*), Nopal, (*Opuntia rastrera*) esta especie también se encontró muy escaso en las áreas muestreadas.

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).

b. Metodología

Se recolectaron tres muestras de nopal del género *Opuntia rastrera* que por lo general son muy utilizadas como forrajes por los ganaderos y tres muestras de *Agave salmiana*, realizando la toma de muestra al azar en tres localidades del Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila. De cada muestra se colectaron de 2 kg a 2.5 kg aproximadamente haciendo cortes en la unión de las pencas (cladodios) con un machete y con un pielgo; se tomó como referencia que las pencas no estuvieran cerca de carreteras, que se encontraran completas y en buen estado fuera de plagas y malformaciones.

De cada muestra se tomó el peso en verde tanto en nopal como en maguey, enseguida se le chamuscaron las espinas a las pencas del nopal, se picaron en trozos pequeños junto con el maguey para después ser colocados en charolas por separado para ser secados parcialmente en una estufa a 70°C durante 24 horas. Estas muestras después de haber perdido totalmente la humedad se molieron con un molino Wylley con una malla de 1 mm de diámetro, Para posteriormente ser analizadas en el laboratorio de la Universidad.

i. Análisis Bromatológico

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

ii. Digestibilidad *In Vitro*

Para esta técnica se recolecto líquido ruminal de un bovino, en el rastro ubicado a un costado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

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), para esta prueba se utilizó el incubador DAISY que establece condiciones de incubación semejantes a las condiciones *in vivo*, 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 colocó 0.5gr de muestra en cada una de las bolsas de filtro, obteniendo 3 repeticiones, estas fueron colocadas en frascos con capacidad de 4lts, en cada uno de los frascos fueron distribuidos 400 ml del inoculo ruminal después de establecer las soluciones buffer (A y B), después de colocar las bolsitas se comenzó a purgar cada

frasco con gas CO₂ por 20 segundos, enseguida se serraron y sellaron 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 fría, para después ser sometidas en una estufa a una temperatura de 55-60°C durante 24 horas para tomar el peso de las mismas.

REACTIVOS

Solución Buffer A	g/litro
KH₂PO₄	10.0
MgSO₄.7H₂O	0.5
NaCl	0.5
CaCl₂.2H₂O	0.1
Urea (reactivo de marca)	0.5
Solución Buffer B	g/litro
Na₂CO₃	15.0
Na₂S.9H₂O	1.0

3.3. Análisis Estadístico

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 mediante 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).

Para el análisis estadístico de la composición química se utilizó un diseño experimental 2x3 teniendo dos tratamientos (NOPAL Y MAGUEY) con tres repeticiones (LOCALIDADES) y 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.

Especies vegetativas: Nopal y Maguey

Localidades: 1, 2 y 3.

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.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Bromatológico

En el **Cuadro 11**, se muestra la evaluación bromatológica de la *Opuntia rastrera* haciendo una comparación entre localidades por nutriente en donde se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en las tres localidades para las variables Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO), Cenizas (CZ) y Fibra Cruda (FC), sin embargo la variable Extracto Etéreo (E.E), Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN) no mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$), en Fibra Detergente Ácida (FDA) la localidad uno y tres mostraron resultados similares donde no hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) y la localidad dos es muy similar a la localidad tres, en la variable Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) la muestra de la localidad uno difiere de la localidad dos y tres mientras que estas se muestran similares.

Palomo (1963), realizó un análisis de los nutrientes de un nopal de la misma especie utilizada en este trabajo, es decir, *Opuntia rastrera* y encontró 14.41% de Materia Seca, 59.89% de Materia Orgánica, 2.78% de Proteína Cruda, 0.76% de Grasa Cruda, 40.11% en Cenizas y 43.23% en Extracto Libre de Nitrógeno. De acuerdo con De Alba, (1971); Espinoza, (1987); Flores, (1977) y Belasco, (1958), que mencionan que la calidad nutritiva del nopal depende de varios factores, que influyen sobre esta en menor o mayor grado; siendo algunos factores, 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, etc., factores físicos y químicos del suelo.

Cuadro 11. Composición Química de la *Opuntia rastrera*.

MUESTRA	MS	MO	CZ	E.E	PC	FC	FDA	FDN	ELN
(%)									
LOC. 1	10.34 ^b	75.17 ^a	21.55 ^c	1.56 ^a	4.90 ^a	37.41 ^c	32.12 ^b	68.22 ^a	34.58 ^a
LOC.2	13.16 ^a	70.70 ^b	26.91 ^b	2.07 ^a	3.57 ^a	50.30 ^a	39.98 ^a	70.78 ^a	17.15 ^b
LOC.3	9.34 ^c	68.76 ^c	29.72 ^a	1.34 ^a	5.13 ^a	49.66 ^b	36.47 ^{ab}	71.62 ^a	14.15 ^b

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

En el **Cuadro 12**, se presenta el análisis bromatológico de maguey donde se hizo una comparación entre localidades por nutrientes, en donde para las tres localidades no hubo diferencia significativa (P<0.05) en las variables: Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO), Cenizas (CZ), Extracto Etéreo (E.E) y Proteína Cruda (PC), en la variable Fibra Cruda (FC) la localidad uno y dos no mostraron diferencia significativa pero la localidad tres si mostro un nivel de significancia (P<0.05) comparándola con las demás, para Fibra Detergente Acida (FDA) la localidad dos y tres no mostraron diferencia significativa sin embargo, la localidad uno si presenta diferencia significativa (P<0.05), en Fibra Detergente Neutra (FDN) la localidad uno muestra diferencia significativa (P<0.05) con la localidad tres pero la localidad dos dio resultado similar a la localidad uno y también a la localidad tres, en la variable Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) las tres localidades mostraron una diferencia significativa (P<0.05) entre ellas. Haciendo una comparación con el trabajo de investigación realizado por Gómez (2003), en su análisis bromatológico de las especies *Agave salmiana* y *Agave americana* encontró resultados de 12.03% MS, 8.41% PC, 1.83% EE, 16.93% FC, 17.00% CZ, 55.83% ELN, en *A. salmiana* y en *A. americana* 14.85% MS, 5.26% PC, 1.27% E.E, 19.28% FC, 15.09% CZ y 59.10% ELN. Estos resultados se muestran similares a los datos encontrados en este trabajo ya que depende mucho del estado fisiológico de la planta y la parte que sea analizada.

Hughes *et al.*, (1984), mencionan que el valor nutritivo de un forraje está determinado por su composición química y su digestibilidad. La composición química está determinada por la naturaleza de la planta y su digestibilidad depende tanto de la planta como del animal. Esta depende de la parte que sea utilizada, aunque el uso más común son las hojas.

El análisis de la composición química sugiere que las plantas maduras (piña) y los brotes son los estados más deseables del *Agave* para ser usado como forraje para rumiantes. De acuerdo con Pinos *et al.*, (2008), la parte superior y baja de las hojas de *Agave salmiana* son buena fuente de carbohidratos solubles. Sin embargo tiene bajos contenidos de proteína cruda por lo cual es necesario un complemento proteínico.

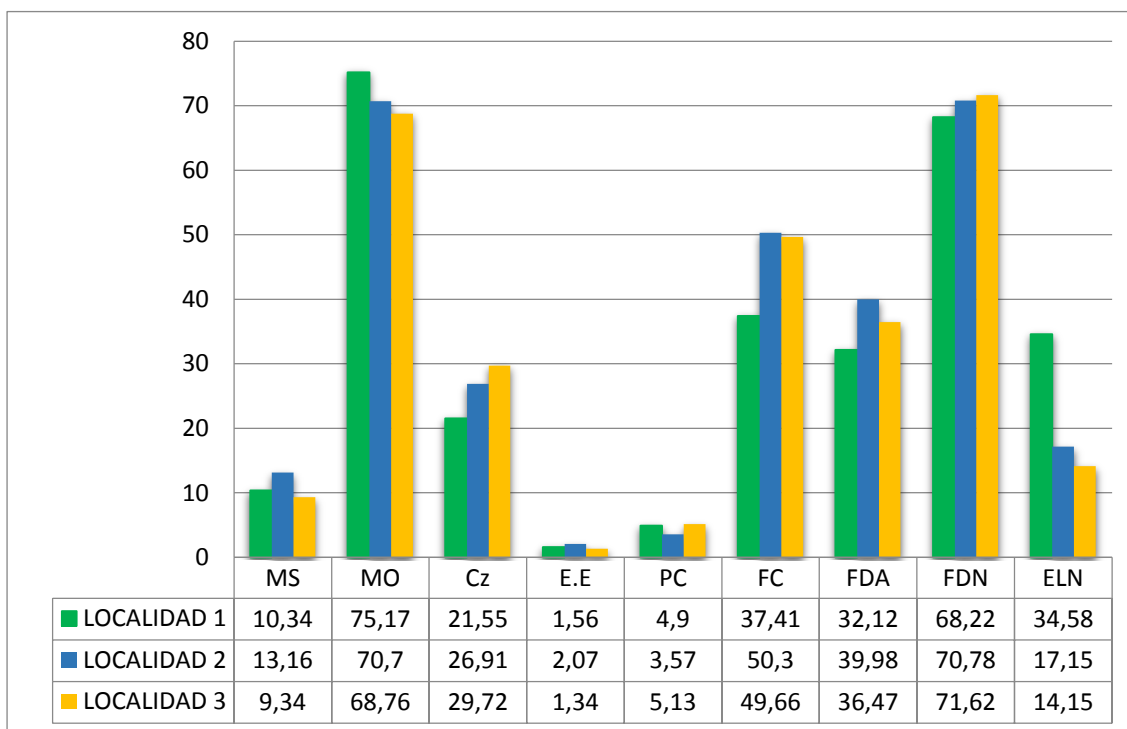
Estudios realizados por Zamudio *et al.*, (2009), en donde mezclaron silos de *agave* y alfalfa, evaluados junto con la fermentación ruminal y el crecimiento de cabras, encontraron que el ensilado mejora la calidad nutricional, la digestibilidad ruminal y el consumo del silo de *agave*, al incrementar el nivel de alfalfa. Lo anterior muestra que el maguey es un ingrediente con buena digestibilidad en la alimentación de rumiantes, sin embargo, es difícil satisfacer los requerimientos de mantenimiento usando solo este ingrediente, por lo que debe de mezclarse con otros alimentos de mayor calidad (Arizpe, 1975).

Cuadro 12. Composición Química del *Agave salmiana*.

MUESTRA	MS	MO	CZ	E.E	PC	FC	FDA	FDN	ELN
(%)									
LOC. 1	12.45 ^a	72.20 ^a	23.60 ^a	1.42 ^a	5.13 ^a	44.57 ^a	50.90 ^a	49.40 ^a	25.28 ^c
LOC. 2	10.41 ^a	82.45 ^a	10.78 ^a	1.74 ^a	5.57 ^a	43.40 ^a	37.88 ^b	43.40 ^{ab}	38.51 ^b
LOC. 3	10.32 ^a	82.75 ^a	10.63 ^a	1.48 ^a	5.13 ^a	35.23 ^b	35.50 ^b	39.20 ^b	47.53 ^a

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

Figura 1. Comparación de la Composición Química entre Localidades (*Opuntia rastrera*).



En la **Figura 1**, se hace una comparación de los nutrientes contenidos en las muestras de nopal entre localidades, en donde la muestra de nopal de la localidad uno es mejor en cuanto a la composición química comparándola con las demás localidades ya que presenta menos contenido de fibra aunque presenta alto contenido de materia seca igual que las otras localidades por la edad de la planta y la estación en la que fue cortada, aun así presenta mejores porcentajes en los nutrientes a diferencia de las demás localidades.

En la **Figura 2**, se hace la comparación de los nutrientes contenidos en las muestras de Maguey entre localidades, en donde se observa que las tres localidades obtuvieron altos porcentajes de materia seca y materia orgánica, además de haber tenido similares porcentajes de proteína, pero en general el Maguey de la localidad tres tuvo mejores porcentajes de los nutrientes además de presentar menor contenido de fibra.

Figura 2. Comparación de la Composición Química entre Localidades (Agave Salmiana).

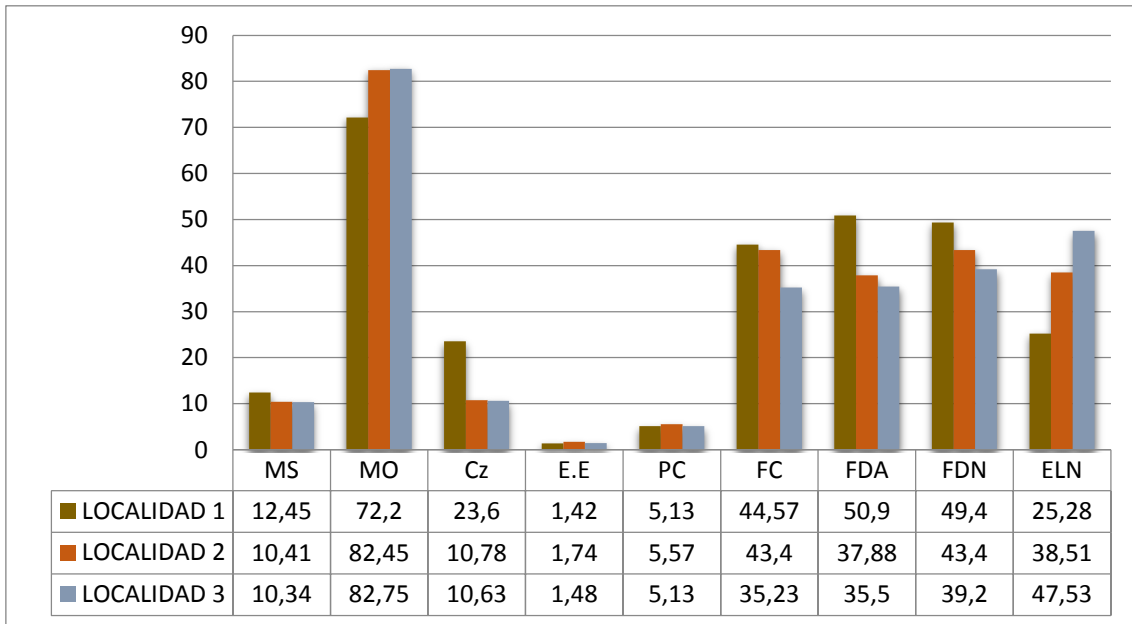
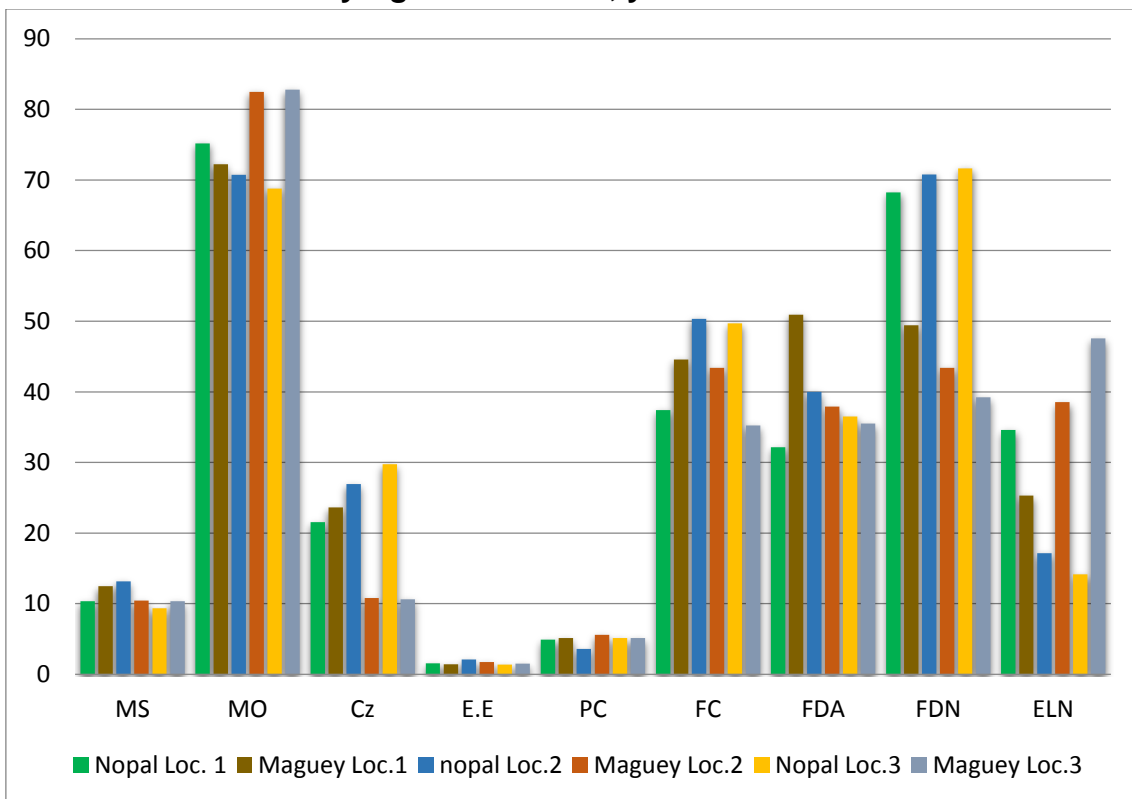


Figura 3. Comparación de la Composición Química entre la Opuntia rastrera y Agave salmiana, y entre Localidades.



De acuerdo a la comparación (**Figura 3**) de la composición química entre especies, para la localidad uno la mejor especie es el nopal por tener menos contenido de fibra, menos materia seca, para la localidad dos y la localidad tres la mejor especie es el maguey, por su bajo contenido de materia seca y de fibra cruda, pero haciendo una comparación entre localidades la mejor es la localidad tres.

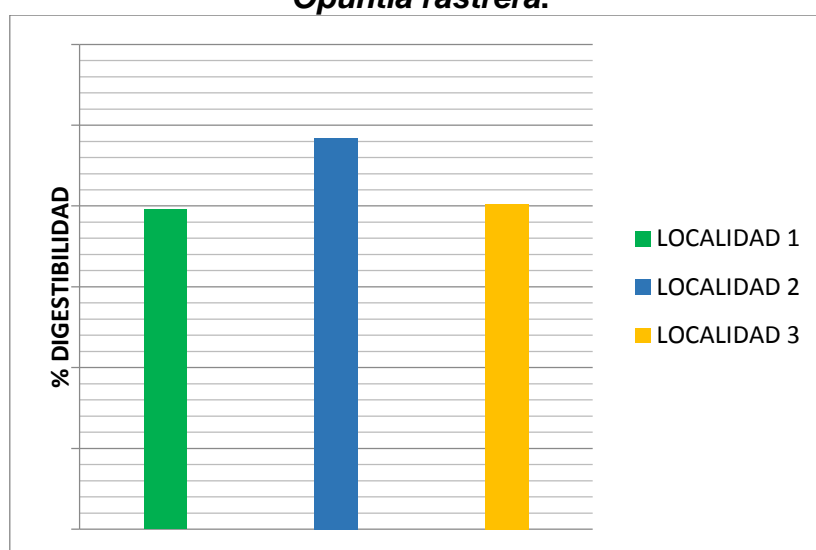
Cuadro 13. Comparación de medias de los tratamientos de la DIVMS de la *Opuntia rastrera*.

Tratamiento	Digestibilidad
2	48.36 ^a
3	40.25 ^b
1	39.60 ^c

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

En el **Cuadro 13**, se hace una comparación de medias de los tratamientos (Localidades 1, 2, 3) de la variable digestibilidad, encontrando una diferencia significativa (P<0.05) en cada uno donde se aprecia (**Figura 4**) que el tratamiento dos (Loc.2) tuvo mayor digestibilidad que los tratamientos uno (Loc.1) y tres (Loc.3), y el tratamientos tres (Loc.3) fue de mayor digestibilidad que el tratamiento uno pero menor que el tratamiento dos (Loc.2)

Figura 4. Comparación de medias de los tratamientos de la DIVMS de la *Opuntia rastrera*.



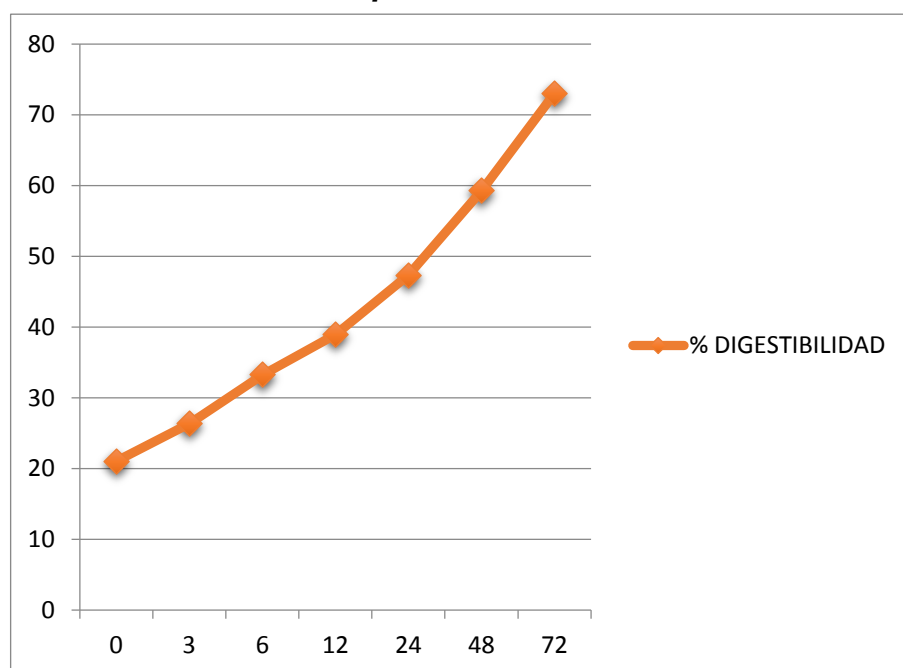
El **Cuadro 14**, muestra que de los siete tiempos de incubación utilizados en los tres tratamientos (Localidades 1, 2, 3), el mejor fue el tiempo de las 72 horas, donde cuya degradación del Nopal muy fue alta notándose un nivel de significancia ($P < 0.05$) entre estos (**Figura 5**).

Cuadro 14. Comparación de medias de los tiempos de la DIVMS de la *Opuntia rastrera*.

COMPARACION DE MEDIAS CON RESPECTO A LOS TIEMPOS	
TIEMPOS	Digestibilidad
72	73.01 ^a
48	59.24 ^b
24	47.33 ^c
12	38.95 ^d
6	33.21 ^e
3	26.36 ^f
0	21.06 ^g

^{abcdefg} Literales diferentes en columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

Figura 5. Comparación de medias de los tiempos de la DIVMS de la *Opuntia rastrera*.



En el **Cuadro 15**, se muestra la comparación de medias de los siete tiempos de incubación utilizados en la digestibilidad *In Vitro* del nopal de cada localidad, en este aspecto las tres localidades mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$) en los siete tiempos de incubación, también indica que las muestras de nopal de las tres localidades alcanzaron su máxima digestibilidad hasta el tiempo de las 72 horas, pero observando los datos se pueden notar resultados menos del 90% esto se debe a la cantidad de fibra que se obtuvo interfiriendo el estado fisiológico de la planta. Estos resultados difieren a los obtenidos por Espinoza (2011) en su trabajo de investigación de digestibilidad in vitro de nopal en donde utilizó los mismos tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas) encontrando diferencia significativa ($P < 0.05$) y cuyos valores muestran un incremento hasta las 48 horas. Teniendo en el tiempo 0= 39.51%, 3=46.31%, 6=65.48%, 12=68.78%, 24=75.57%, 48=90.05%, mientras que para las 72 horas la digestibilidad disminuyó a un 84.82% él menciona que se debe a que ya no había más sustrato para continuar con la digestibilidad.

Cuadro15. DIVMS de la materia seca de la *Opuntia rastrera*.

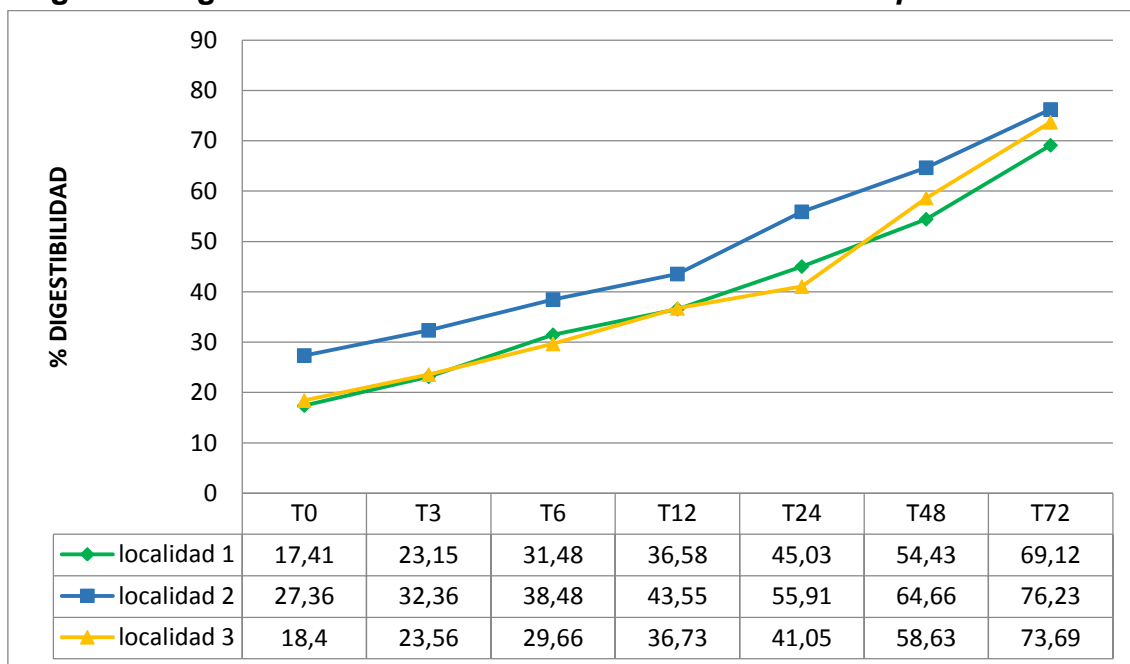
TIEMPO	LOC.1	LOC. 2	LOC.3
72	69.12 ^a	76.23 ^a	73.69 ^a
48	54.43 ^b	64.66 ^b	58.63 ^b
24	45.03 ^c	55.91 ^c	41.05 ^c
12	36.58 ^d	43.55 ^d	36.73 ^d
6	31.48 ^e	38.48 ^e	29.66 ^e
3	23.15 ^f	32.36 ^f	23.56 ^f
0	17.41 ^g	27.36 ^g	18.40 ^g

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

En la **Figura 6**, se puede apreciar como la degradación in vitro va en aumento hasta llegar a las 72 horas y también la diferencia significativa que hay entre localidades por cada tiempo de incubación notándose en los tiempos 0, 3, 6,

24, 48 y 72 horas y en los tiempos de las 3 y 12 horas, la localidad dos difiere de las localidades uno y tres siendo estas similares.

Figura 6. Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca de la *Opuntia rastrera*.



Calculo de las Fracciones

Al momento de iniciar la digestibilidad, en un momento dado se presenta una menor degradación, esto se debe a que en las primeras horas hay una adaptación de las bacterias del rumen con el alimento, a esto se le llama fracción A y a medida que las bacterias se van adaptando hay un incremento en la degradación, esto es la fracción B. tal como se observan los datos en la tabla que entre más tiempo estén los alimentos con los microorganismos mayor puede ser la digestibilidad hasta cierto tiempo porque después puede ir disminuyendo el sustrato y por lo tanto reduciendo la digestibilidad.

En la muestra de nopal para la Localidad uno, la fracción soluble a tiempo 0 (A) fue de 20.20%, la fracción insoluble potencialmente degradable (B) fue de 55.83%, la tasa fraccional de degradación de la fracción B que se representa como C fue de 0.0246%, la degradación residual (RSD) fue de 3.64% y la degradación máxima potencial (A+B) fue de 76.03%.

En la Localidad dos la fracción soluble a tiempo 0 (A) fue de 28.64%, la fracción insoluble potencialmente degradable (B) fue de 53.01%, la tasa fraccional de

degradación de la fracción B que se representa como C fue de 0.282%, la degradación residual (RSD) fue de 2.19% y la degradación máxima potencial (A+B) fue de 81.65%.

La Localidad tres, la fracción soluble a tiempo 0 (A) fue de 20.70%, la fracción insoluble potencialmente degradable (B) fue de 73.30%, la tasa fraccional de degradación de la fracción B que se representa como C fue de 0.0144%, la degradación residual (RSD) fue de 2.72% y la degradación máxima potencial (A+B) fue de 94%.

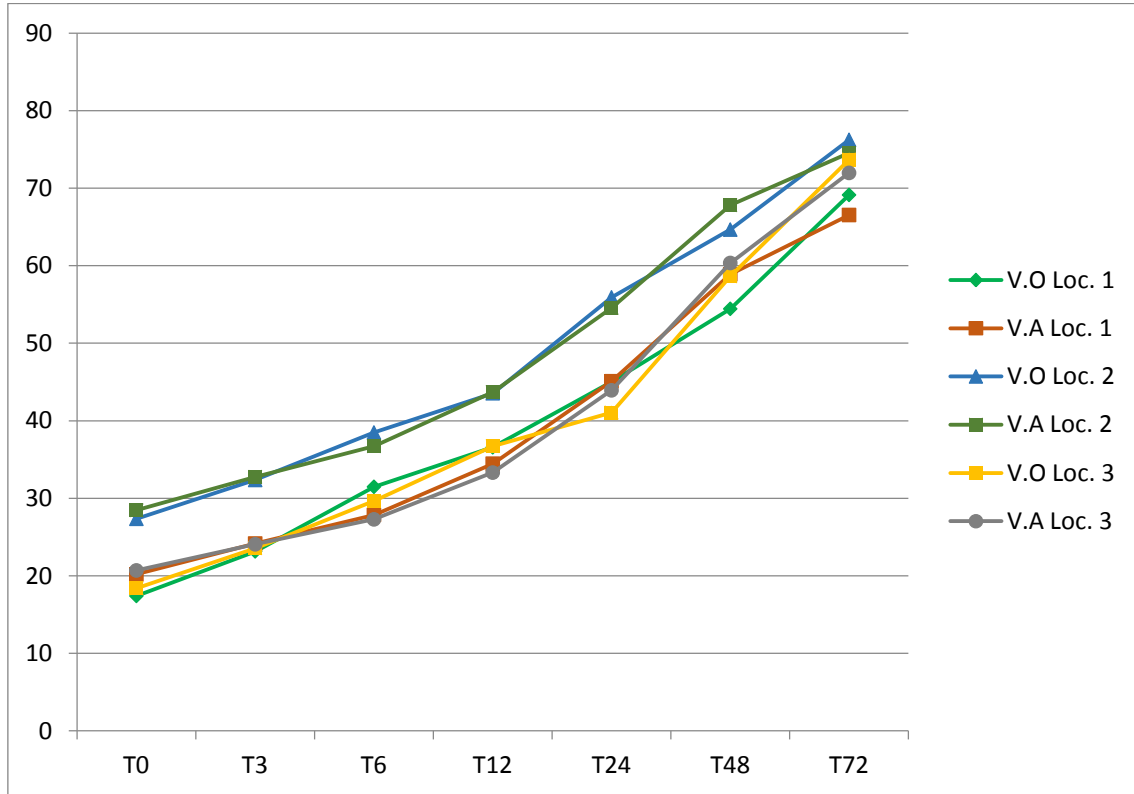
Cuadro 16. Calculo de Fracciones de las muestras de la *Opuntia rastrera*.

LOCALIDAD 1	A=20.20		B=55.83		C=.0246		RSD=3.64
TIEMPOS	0	3	6	12	24	48	72
MEDICIONES	17.41	23.16	31.49	36.58	45.03	54.44	69.13
VALORES AJUSTADOS	20.20	24.17	27.86	34.47	45.10	58.89	66.54
LOCALIDAD 2	A=28.64		B=53.01		C=0.282		RSD=2.19
TIEMPOS	0	3	6	12	24	48	72
MEDICIONES	27.36	32.37	38.49	43.55	55.92	64.66	76.24
VALORES AJUSTADOS	28.46	32.77	36.73	43.71	54.56	67.81	74.54
LOCALIDAD 3	A=20.70		B=79.30		C=.0144		RSD=2.72
TIEMPOS	0	3	6	12	24	48	72
MEDICIONES	18.41	23.57	29.66	36.74	41.05	58.64	73.69
VALORES AJUSTADOS	20.70	24.07	27.29	33.32	43.93	60.35	71.97

A= Fracción Soluble, B=Fracción Insoluble, C=Tasa fraccional de degradación de la fracción B, RSD=Degradación Residual.

(Figura 7). En las 3 localidades para ambas especies se muestran similares desde que comienzan en el tiempo 0 hasta llegar al tiempo de las 72 horas con los datos observados y los datos ajustados.

Figura 7. Grafica de valores ajustados de la DIVMS de la *Opuntia rastrera*.



La tasa de pasaje es el tiempo que tarda en pasar el alimento en el rumen, esto se relaciona con el tamaño de la partícula del alimento, entre más finas pasan más rápido y la degradación es menor, entre más grande las partículas tardan más en pasar y la degradación es mayor (Araujo y Vergara, 2007).

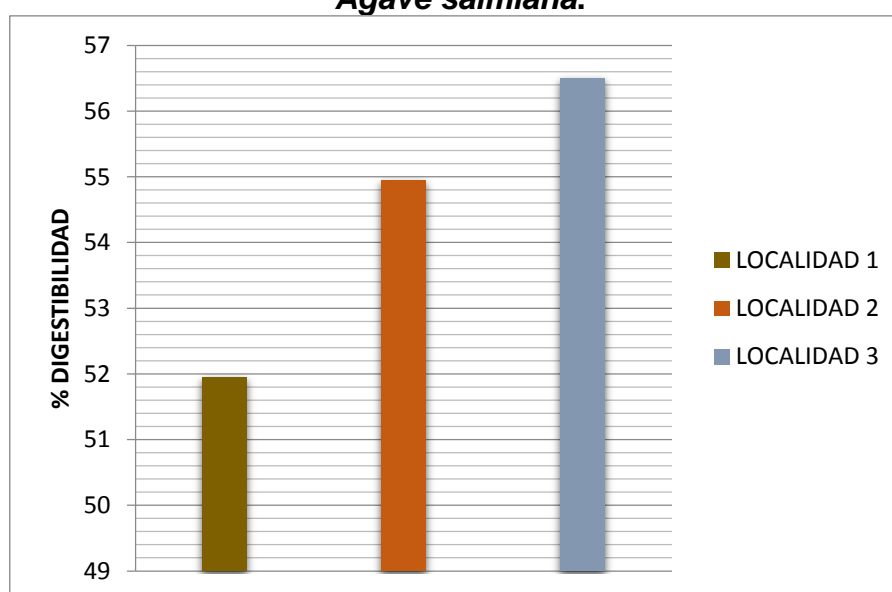
Cuadro 17. Comparación de medias de los tratamientos de la DIVMS del *Agave salmiana*.

TRAT.	DIGESTIBILIDAD
3	56.50 ^a
2	54.95 ^b
1	51.95 ^c

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

En el **Cuadro 17**, se hace una comparación de medias de los tratamientos (Localidades 1, 2, 3) de la variable digestibilidad en maguey, encontrando una diferencia significativa ($P < 0.05$) en cada uno donde se aprecia (**Figura 8**) que en este caso el tratamiento tres (Loc.3) tuvo mayor digestibilidad que los tratamientos uno (Loc.1) y dos (Loc.2), y el tratamientos dos (Loc.2) fue de mayor digestibilidad que el tratamiento uno pero menor que el tratamiento tres (Loc.3).

Figura 8. Comparación de medias de los tratamientos de la DIVMS del *Agave salmiana*.



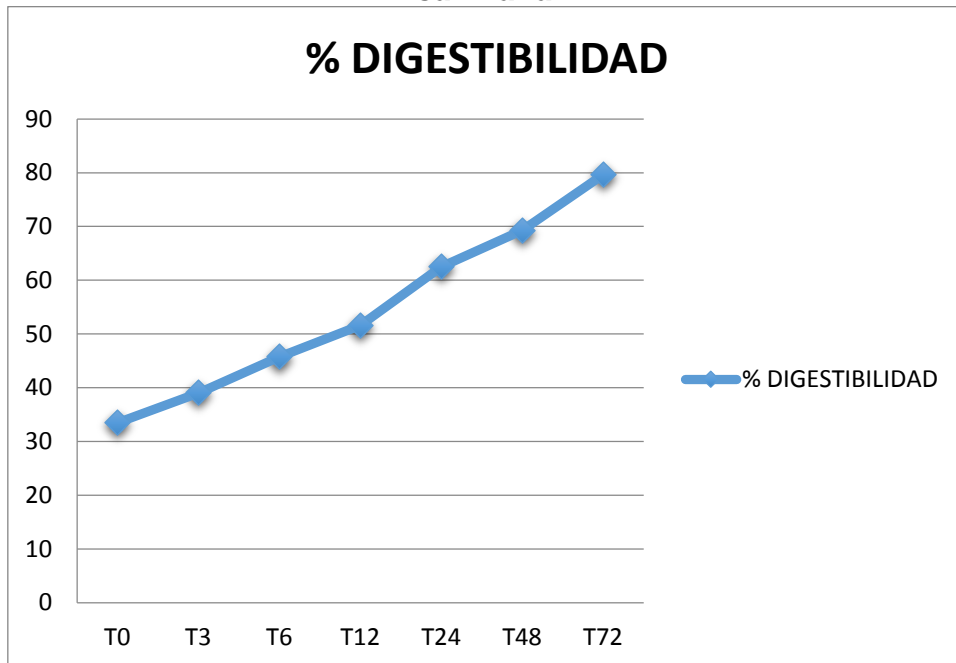
El **Cuadro 18**, muestra que de los siete tiempos de incubación utilizados en los tres tratamientos (Localidades 1, 2, 3), el mejor fue el tiempo de las 72 horas, (**Figura 9**) donde cuya degradación del Maguey fue muy alta notándose un nivel de significancia ($P < 0.05$) entre estos.

Cuadro 18. Comparación de medias de los tiempos de la DIVMS del *Agave salmiana*.

TIEMPOS	DIGESTIBILIDAD
72	79.63 ^a
48	69.27 ^b
24	62.51 ^c
12	51.59 ^d
6	45.72 ^e
3	39.03 ^f
0	33.50 ^g

^{abcdefg} literales diferentes en columnas indican diferencia significativa (P<0.05).

Figura 9. Comparación de medias de los tiempos de la DIVMS del *Agave salmiana*.



Gómez, (2003), en su trabajo de investigación analizo dos variedades de Maguey; *Agave salmiana* y *Agave americana*, por medio de la digestibilidad in vitro, utilizando siete tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas), en donde encontró que la mayor digestibilidad la obtuvo en el tiempo de las 72 horas en las dos variedades de maguey con un 90.74% para el *Agave salmiana* y 90.83% para el *Agave americana*, pero el tiempo 48 presento resultados muy similares al tiempo de las 72 horas numéricamente en ambas variedades (*A. salmiana* T48= 89.48% y *A. americana* T48= 89.28%). Realizo una comparación de medias entre los tratamientos para la variable digestibilidad y encontró una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las dos especies siendo el que *Agave salmiana* fue mayor con 79.67% y el *Agave americana* tuvo 75.29%. Por lo tanto esta comparación refleja resultados favorables para *A. salmiana* pero debido a que el *A. Americana* presento un valor digestible bueno no se descarta, lo cual Gómez considera que ambas variedades pudieran ser adecuadas para la alimentación del Ganado.

En otro trabajo de investigación de digestibilidad in Vitro de la Materia Seca y la Materia Orgánica realizado por Martínez (1994), utilizando el *Agave atrovirens karw* y el *Agave salmiana*, encontró que el mejor tratamiento fue el *Agave atrovirens karw* con 64.52% de digestibilidad de la materia seca en comparación con el *Agave salmiana* que tuvo un 62.40% de digestibilidad de materia seca y un nivel de significancia ($P < 0.05$) y en el caso de la Materia Orgánica el *Agave atrovirens karw* presento 57.52% mientras que el *Agave salmiana* 54.35% con una diferencia significativa ($P < 0.05$).

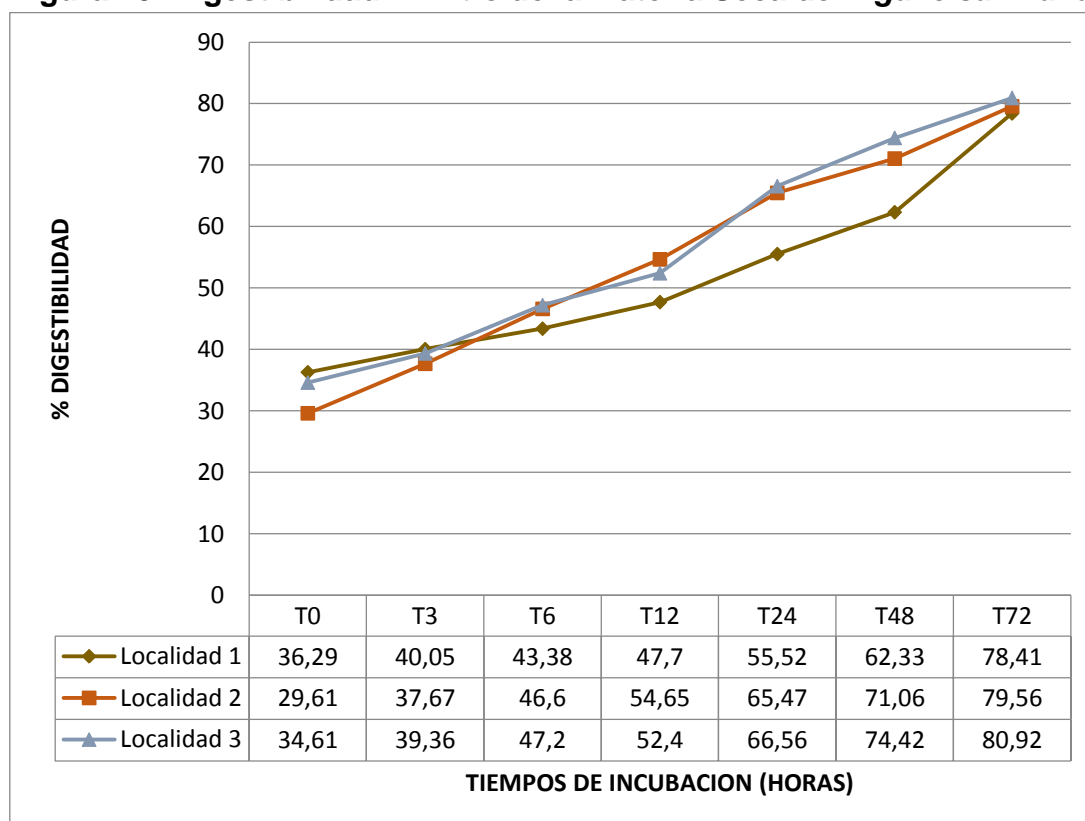
En el **Cuadro 19**, se muestra la comparación de medias de los siete tiempos de incubación utilizados en la digestibilidad In Vitro de Maguey en cada localidad. Las tres localidades mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$) en los siete tiempos de incubación (**Figura 10**).

Cuadro 19. DIV de la materia seca del *Agave salmiana*

TIEMPO	LOC.1	LOC. 2	LOC.3
72	78.41 ^a	79.56 ^a	80.92 ^a
48	62.33 ^b	71.06 ^b	74.42 ^b
24	55.52 ^c	65.47 ^c	66.56 ^c
12	47.70 ^d	54.65 ^d	52.40 ^d
6	43.38 ^e	46.60 ^e	47.20 ^e
3	40.05 ^f	37.67 ^f	39.36 ^f
0	36.29 ^g	29.61 ^g	34.61 ^g

abcdefg literales diferentes en columnas indican diferencia significativa (P<0.05).

Figura 10. Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca del *Agave salmiana*.



Calculo de las Fracciones

Al momento de iniciar la digestibilidad, en un momento dado se presenta una menor degradación, esto se debe a que en las primeras horas hay una adaptación de las bacterias del rumen con el alimento, a esto se le llama fracción A y a medida que las bacterias se van adaptando hay un incremento en la degradación, esto es la fracción B. tal como se observan los datos en la tabla que entre más tiempos estén los alimentos con los microorganismos mayor puede ser la digestibilidad hasta cierto tiempo porque después puede ir disminuyendo el sustrato y por lo tanto reduciendo la digestibilidad.

En la muestra de Maguey para la Localidad uno, la fracción soluble a tiempo 0 (A) fue de 37.65%, la fracción insoluble potencialmente degradable (B) fue de 62.35%, la tasa fraccional de degradación de la fracción B que se representa como C fue de 0.0131%, la degradación residual (RSD) fue de 2.52% y la degradación máxima potencial (A+B) fue de 100%.

En la Localidad dos la fracción soluble a tiempo 0 (A) fue de 30.56%, la fracción insoluble potencialmente degradable (B) fue de 46.69%, la tasa fraccional de degradación de la fracción B que se representa como C fue de 0.592%, la degradación residual (RSD) fue de 2.58% y la degradación máxima potencial (A+B) fue de 77.25%.

La Localidad tres la fracción soluble a tiempo 0 (A) fue de 34.60%, la fracción insoluble potencialmente degradable (B) fue de 47.55%, la tasa fraccional de degradación de la fracción B que se representa como C fue de 0.0430%, la degradación residual (RSD) fue de 1.70% y la degradación máxima potencial (A+B) fue de 82.15%.

(Figura 11). Las 3 localidades se presentan en aumento desde el tiempo 0 al tiempo 72 hrs, en los valores ajustados y observados, comparados por localidades se ve muy claramente la diferencia de la localidad 1, ya que las otras aumentan rápidamente.

Cuadro 20. Calculo de Fracciones de las muestras del *Agave salmiana*.

LOCALIDAD 1	A=37.65		B=62.35		C=0.0131		RSD=2.52
TIEMPOS	0	3	6	12	24	48	72
MEDICIONES	36.30	40.05	43.38	47.70	55.52	62.33	78.41
VALORES AJUSTADOS	37.65	40.04	42.35	46.70	54.44	66.71	75.6
LOCALIDAD 2	A=30.56		B=46.69		C=0.592		RSD=2.58
TIEMPOS	0	3	6	12	24	48	72
MEDICIONES	29.62	37.68	46.60	54.66	65.47	71.07	79.56
VALORES AJUSTADOS	30.56	38.16	44.52	54.31	65.98	74.53	76.60
LOCALIDAD 3	A=34.60		B=47.55		C=0.0430		RSD=1.70
TIEMPOS	0	3	6	12	24	48	72
MEDICIONES	34.61	39.37	47.20	52.41	66.57	74.43	80.93
VALORES AJUSTADOS	34.60	40.36	45.42	53.78	65.22	76.12	80.00

A= Fracción soluble, B=Fracción insoluble, C= Tasa fraccional de degradación de la fracción B, RSD=Degradación Residual.

Figura 11. Grafica de Valores Ajustados de la DIVMS del *Agave salmiana*.

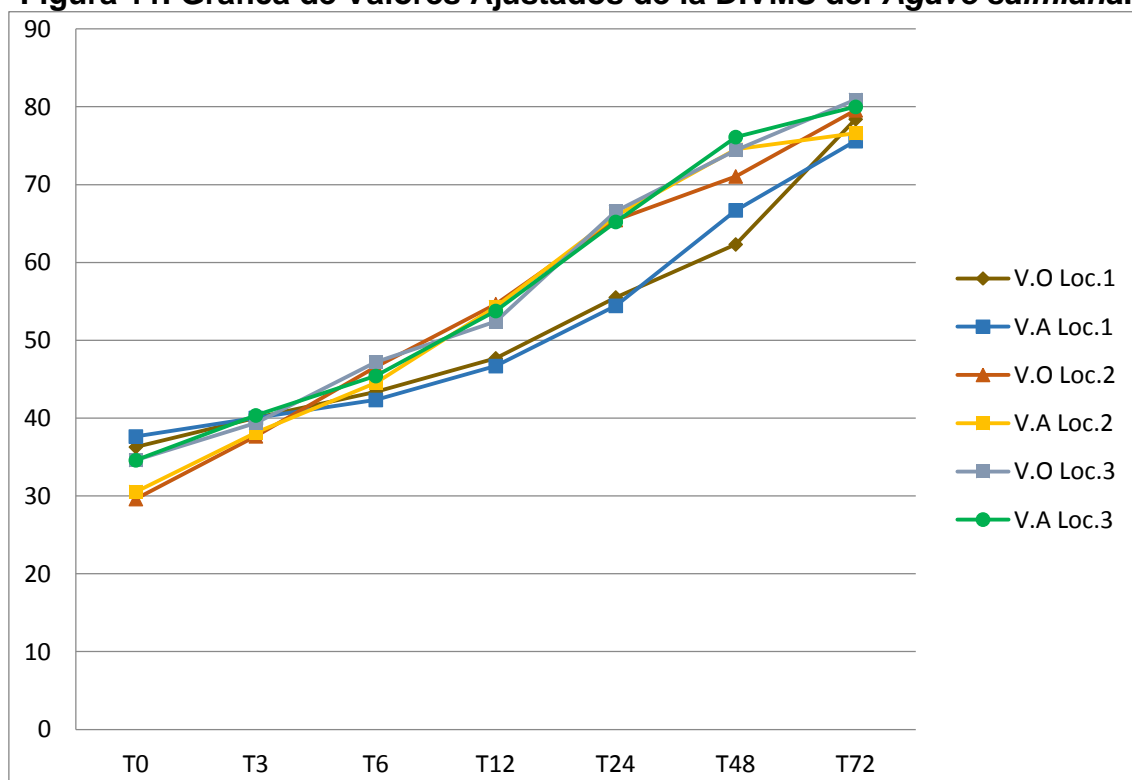
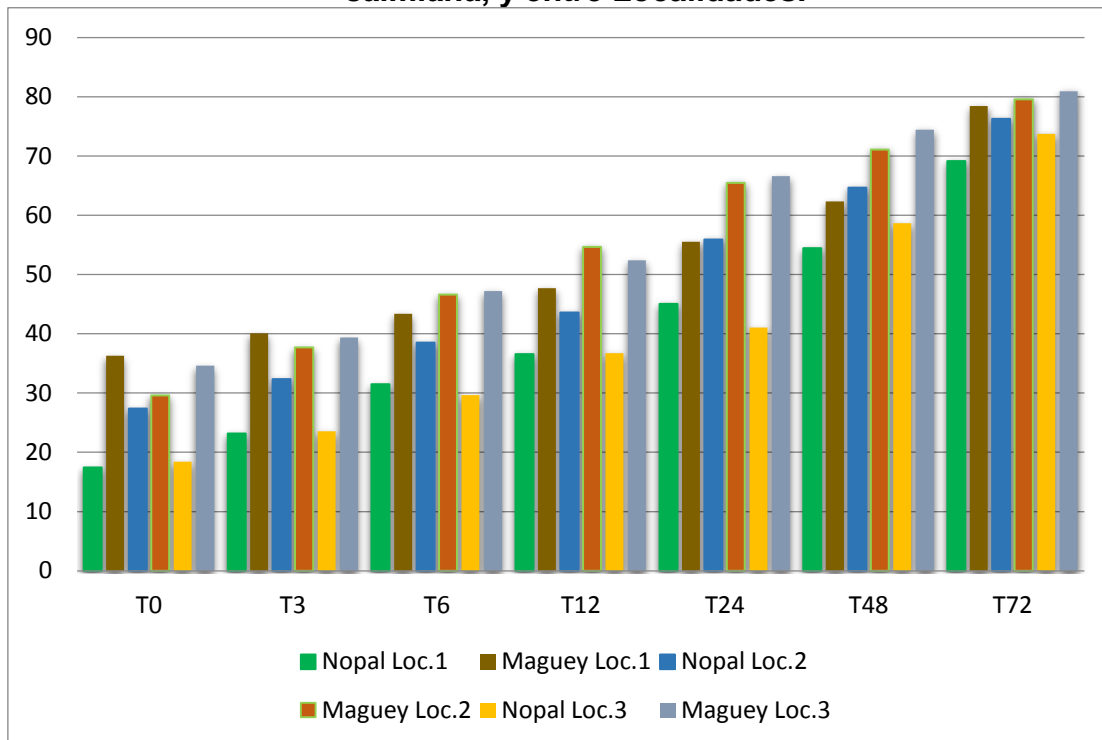


Figura 12. Comparación de la DIVMS de la *Opuntia rastrera* y el *Agave salmiana*, y entre Localidades.



En la **figura 12**, se observa que para la localidad 1, 2 y 3 el Maguey presento mayor digestibilidad en comparación que el nopal y haciendo una comparación entre localidades la mejor fue la localidad 2 alcanzando su máxima digestibilidad en el tiempo de las 72 horas. Hay que considerar que las condiciones de estas localidades interfieren tanto en la composición química como en la digestibilidad ya que son lugares secos con muy escasa precipitación.

CONCLUSIONES

Se concluye que el nopal y el maguey son plantas que presentan buen valor nutritivo, aunque el maguey presenta mayor contenido de proteína. Por lo tanto estas dos especies pueden ser consumidas por los animales durante las épocas de sequía ya que además de alimento también les proporcionan agua donde este factor es difícil de conseguir para animales en pastoreo.

En la composición química el nopal fue el mejor con un mínimo de fibra, y en la digestibilidad el Maguey fue más digestible en todos los tiempos en comparación con el nopal, además de que el Maguey presenta mayor contenido de proteína.

Hay que tomar en cuenta que en la composición química de estas plantas hay varios factores que intervienen tales como la edad de la planta, estación del año en la que fue cortada, estado vegetativo de la planta ya que intervienen tanto en el contenido de materia seca, contenido de humedad, así como en fibra, y a mayor edad de la planta mayor es el contenido de fibra y menor es la digestibilidad. El lugar de donde fue recolectado también interviene ya que son lugares muy secos donde la vegetación es escasa y la precipitación es mínima.

En la variable digestibilidad se concluye que estas plantas son muy digestibles por lo tanto son buenos para el uso del ganado. Las muestras analizadas alcanzaron su mayor digestibilidad a las 72 horas. Mientras más se exponga el alimento a los microorganismos mayor es la degradación pero a un cierto tiempo puede que ya no haya sustrato y por lo tanto puede disminuir la digestibilidad.

V. LITERATURA CITADA

- 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.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th Ed. Assoc. Off. Anal. Chem. Arlington, U.S.A.
- Araujo, F. O. y Vergara. L. J. 2007. Propiedades físicas y químicas del rumen. Arch. Latinoam. Prod. Anim. Vol. 15 Maracaibo, Zu, Venezuela. http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/49-rumen.pdf.
- Arizpe, G. J. 1975. Digestibilidad de Maguey. Tesis Licenciatura. UANL. Facultad de Agronomía. Monterrey Nuevo León, México.
- Belasco, I. J.; M. F. Gribbins; D. W. Kolterman. 1958. The Response of Rumen Microorganisms to Pasture Grass and Prickly Pear Cactus Following Foliar Application of Urea. J. Animal Science. 17(1):209-217p.
- Bravo H., H. 1978. Las Cactáceas de México 2da Ed. Universidad Nacional Autónoma De México. Ciudad Universitaria. México, D. F. Vol. I. 743 p.
- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Tomo I. Universidad Nacional Autónoma De México. Ciudad Universitaria. México, D. F. pp67-71, 147, 334.
- Britton y Rose. 1937. Developmental Morphology and Anatomy in Cactaceae. Bioscience, 30: 605-610.
- Cantú. B. J. E. 1984. Apuntes de Bromatología. Departamento de Producción Animal. UAAAN Unidad Laguna. Torreón. Coahuila. México.
- Castillo Q.; D., J. A. Villarreal Q. y A. Cano P. 2006. Identificación taxonómica de las especies del género Agave bajo Cultivo en el Sureste de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 26. Coahuila, México. 34p.
- D 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.
- De la Rosa, H. E. 2013. Evaluación Bromatológica y Digestibilidad *In Vitro* de Dietas de Nopal (*Opuntia streptacanta*) e Inflorescencias de Maguey (*Agave spp.*) usando Enzimas (Celulasa) para caprinos. Tesis. Licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.

- 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. Published. In Agron. J. 81:25:33.
- Flores, V. C. 1977. El Nopal como Forraje; Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo. México. Pp 12-20.
- Flores, V. C. A. y J. R. Aguirre, R. 1992. El Nopal Como Forraje. Primera Edición. Imprenta Universitaria. UACH. Texcoco, México.
- Galyean, M. L. y Goetch, A. L. 1993. Utilization of Forage Fiber by Ruminants. In: H. G. Jung. (Ed.) Forage Cell Wall Structure and Digestibility. ASA-CSSA_SSSA, Madison, WI.
- García-Herrera, E. J., Méndez-Gallegos, S. J., & Talavera-Magaña, D. (2010). El Género *Agave spp*. En México: Principales Usos de Importancia Socioeconómica y Agroecológica. Revista Salud Pública y Nutrición, Especial Edición especial No. 5, 109-129.
- García, M., A. 2009. Los agaves de México. Instituto de Biología, Universidad Autónoma Nacional de México. México Distrito Federal. Ciencias (087).
- Giraldez, F.J., Mantecón A. R. Chaso, M. A. y Manso, T. 1994. Efecto del Tipo de Dieta y la Frecuencia de Alimentación sobre la Actividad Degradativa Ruminal. Investigación Agraria. Producción y Sanidad Animal. México.
- Giraldo, L. A., Gutiérrez L. y C. Rua. 2007. Comparación de dos técnicas: In vitro e In Situ para estimar la Digestibilidad Verdadera en Varios Forrajes Tropicales. Rev. Col. Cienc. Pec. 20: 269-279. México.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis. USDA. Handbook. Nº. 379. U.S. Government Printing Office. Washington, DC.
- Gómez. V. A. 2003. Digestibilidad In Vitro de dos Variedades de Maguey (*Agave Salmiana* y *Agave Americana*). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo. Buenavista. Saltillo. México.
- 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. Buenavista. Saltillo, Coahuila, México.
- Gutiérrez, A., R. 1994. Incremento de Proteínas y Digestibilidad *in vitro* de Dos Genotipos de Nopal (*Opuntia ficus-indica*) Bajo Condiciones de

Laboratorio. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 70p.

- Hamilton, J.R. 1992. Planting and cultivating native cactus for cattle feed and wildlife utilization in south Texas. Proc. Third Annual Prickly Pear Council Convention. Kingsville, TX. USA.
- Hugles, H. D. Heath, E. M. y Metcalfe. D. S. 1984. Forrajes. Editorial Continental. S. A. de C. V. Decima Primera Impresión. México, D.F.
- Inegi, 2009. Prontuario de información geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza, México. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/>
- Jung, H. G. y Allen, M.S. 1995. Characteristics of Plant Cell Wall Affecting Intake and Digestibility of Forage by Ruminants. Journals Animal Science.
- Luna, H.G. 1996. Pudrición del Tallo de Agave Tequilana Weber en el Estado de Jalisco, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo. Estado de México. 85 pp.
- López, G. J. J. y J. L. Elizondo E. 1990. Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal en México. 3° Reunión Nacional y 1° Internacional. Buenavista Saltillo, Coahuila.
- Lozano, G.M. 1958. Contribucion al Estudio e Industrialización del Nopal. Tesis Profesional. Saltillo, Coahuila. 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.
- Martínez, C.J.L. 1994. Valor nutricional de dos especies de Maguey (*Agave atrovirens karw*) y (*Agave salmiana*), en el Sur del Estado de Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Martínez, H. O. A. 2011. Degradación *In Vitro* de nopal (*Opuntia pheacantha* y *Opuntia ellisae*) a partir de microorganismos aislados de rumen de bovino. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Marroquín, J.S., G. Borja L., R. Velázquez C. y J. A. de la Cruz C. 1964. Estudio Dasonómico de las Zonas Áridas del Norte de México. Inifap., Publicación especial México. P 116.
- Mendoza, H. J. M. 1983. Boletín meteorológico para la zona de influencia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. UAAAN Buenavista, Saltillo, México.
- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greehalgh. 1975. Nutrición Animal. 2da. Ed. Editorial Acribia. Zaragoza España.

- Montes, I. C. E. 2003. Tasa de degradación *in vitro* de la fibra de algunas especies del genero *Opuntia*, cosechadas en invierno. Tesis Lic. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp 33-34
- Murillo, S. M. J. M. Fuentes, R. M. Torres, H, F. Borrego, E. y R. Gutiérrez, A.1994. In vitro protein digestibility of two *Opuntia* genotypes after the Addition of yeas, ammonia and urea. 5th annual Texas prickly pear council convention. Kingsville, Texas.
- National Academy of Siences. 1972. Atlas of Nitritional Data on United States and Canadian feeds. Washintong. D. C.
- Nobel, P. S. 1990. Enviromental influences on carbon dioxide uptake by Agaves, CAM plants, with high productivities. *Economic Botany*. 44: 488 – 502.
- Pinos, R. J. M., S.M. González, B. Badillo, J. C. García, L. R. Aguirre, S. Infante. 2008. Chemical Composition and Ruminal In Vitro Degradation of Fresh or Silage of *Agave Salmiana Otto. Ex. Salm-Dick*. *J. Appl. Anim. Res.* 33: 45-48.
- Ramírez, L.R. G.; G, F. Alanís F. y Ma. A. Núñez G. 2000. Dinámica Estacional de la Digestibilidad Ruminal de la Materia Seca del Nopal. *Revista: CIENCIA UANL*. Vol. III, N° 3: 267- 273.
- 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 Stargrass. *Anim Feed Sci Technol.* (70): 257-264.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. 432p. México DF.
- Sáenz, C. 1997. Cladodes: a Source of dietary Fiber. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.* 2: 117-123.
- Salas, G. G. 2004. Tasa de degradación *in vitro* de la fibra de algunas especies del genero *Opuntia*, cosechadas en verano. Tesis Lic. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp 49-50.
- Sánchez, H. M. 2001. Tasa de degradación de la Fibra de algunas especies de nopal del género *opuntia* in vitro cortadas en otoño. Tesis Lic. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 38-39
- Silos E.H., N. González C., A. Carrillo L., F. Guevara L., M.E. Valverde G. y O. 2005.
- 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.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Second edition, Comstock, cornel university press. Ithaca, New York, 475 pp.
- Walter, H. 1977. *Zonas de Vegetación y Clima*. Omega, España.

