

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**VALOR NUTRITIVO DE LAS HOJAS DE
LA HOJARASCA DEL MATORRAL ESPINOSO
TAMAULIPECO EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN**

Por:

PATRICIA RODRÍGUEZ SANTILLÁN

Como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTORADO EN CIENCIAS
CON ACENTUACIÓN EN ALIMENTOS**

Diciembre, 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



VALOR NUTRITIVO DE LAS HOJAS DE LA HOJARASCA DEL MATORRAL
ESPINOSO TAMAULIPECO EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN

Por:

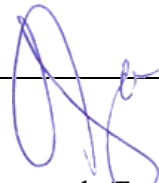
MC PATRICIA RODRÍGUEZ SANTILLÁN

Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS

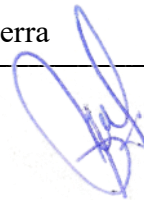
Diciembre, 2020

VALOR NUTRITIVO DE LAS HOJAS DE LA HOJARASCA
DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO EN EL
ESTADO
DE NUEVO LEÓN

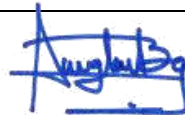
Comité de tesis



Director de Tesis
Dr. Carlos Amaya Guerra



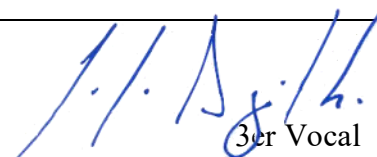
Secretario
Dra. Sandra Castillo Hernández



1er Vocal
Dr. Juan Gabriel Báez González



2do Vocal
Dra. Marta G. Nieto López



3er Vocal
Dr. Carlos Javier Aguilera González

AGRADECIMIENTOS

Al: Dr. Carlos Amaya Guerra, Dra. Marta Nieto López, Dra. Adriana Núñez González, Dra. Sandra Castillo Hernández, del departamento de Alimentos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León bajo la dirección del Dr. Juan Gabriel Báez González, por ser parte del comité de tesis, por el tiempo dedicado a la revisión de esta tesis y por las observaciones realizadas al escrito. Les agradezco su amable disposición y acertada asesoría para esta tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el Programa de Apoyo a la Investigación, Ciencia y Tecnología (PAICYT) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (subvención No. CN417-10), y por ANKOM Technology, Inc. (Macedonia, NY, EE.UU.).

DEDICATORIAS

A Dios: Rey de Reyes, por permitirme vivir para ver completado este sueño.

A mis Hijos: Motor de mi vida

A mis Padres: Por su apoyo y amor incondicional

A mi Salvador: Que me dio la fuerza y el coraje para defender lo mío

*“Clama a mí, y te responderé,
Y te enseñaré cosas grandes y
ocultas, que tu no conoces”*

Jeremías 33:3

ÍNDICE

Sección	Página
AGRADECIMIENTOS.....	vii
DEDICATORIAS.....	viii
ÍNDICE.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1 Matorrales.....	4
2.1.1 Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET).....	4
2.2 Valor nutritivo de los alimentos para rumiantes.....	8
2.3 Composición de los alimentos para Rumiantes.....	8
2.3.1 Materia Seca.....	8
2.3.2 Carbohidratos.....	11
2.3.3 Grasas o lípidos.....	12
2.3.4 Proteínas.....	12
2.3.5 Lignina.....	15
2.4 Factores que afectan el forraje o alimento para Rumiantes.....	16
2.5 Utilización de árboles y arbustos como fuente forrajero.....	17
2.6 La importancia del ramoneo en rumiantes.....	19
2.7 La importancia de la Hojarasca.....	20
2.8 Composición química de la Hojarasca.....	23
2.9 La Hojarasca como alimento para pequeños Rumiantes.....	24
2.10 El venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>).....	25
2.10.1 Taxonomía.....	25
2.10.2 Distribución geográfica.....	25
2.10.3 Requerimientos nutricionales del venado cola blanca.....	25
2.10.3.1 Proteína.....	26
2.10.3.2 Materia seca y Energía.....	27
2.10.4 La importancia de la Hojarasca como alimento del Rumiante Silvestre.....	28
3. JUSTIFICACIÓN.....	31
4. HIPÓTESIS.....	32
5. OBJETIVOS.....	33
5.1 Objetivo general.....	33
5.2 Objetivos particulares.....	33

6. MATERIAL Y METODOS.....	34
6.1 Diseño experimental.....	34
6.2 Localización y descripción de los sitios de estudio.....	35
6.3 Muestreo de la caída de la Hojarasca y frecuencia de recolección.....	36
6.3.1 Preparación de muestras.....	37
6.4 Determinación de la composición química.....	37
6.5 Determinación de la Digestibilidad <i>in vitro</i>	38
6.6 Producción de Gas.....	40
6.6.1 Predicción de la digestibilidad.....	43
6.6.2 Predicción de la Energía Metabolizable (EM).....	43
6.6.3 Determinante de los componentes del alimento.....	43
6.6.4 Calidad del alimento.....	44
6.6.5 Estudio de la cinética de fermentación.....	44
6.6.6 Predicción del consumo.....	45
6.6.7 Análisis estadísticos.....	45
7. RESULTADOS	46
7.1 Contenido químico año de estudio 2007.....	46
7.2 Parámetros de producción de gas <i>in vitro</i> 2007.....	48
7.3 Contenido químico año de estudio 2008.....	50
7.4 Digestibilidad verdadera <i>in vitro</i> 2008.....	52
7.5 Parámetros de fermentación.....	53
8. DISCUSIÓN.....	55
8.1 Contenido químico 2007.....	55
8.2 Parámetros de producción de gas <i>in vitro</i> 2007.....	58
8.3 Contenido químico año de estudio 2008.....	60
8.4 Digestibilidad verdadera <i>in vitro</i>	60
8.5 Parámetros de fermentación.....	62
9. CONCLUSIONES.....	64
10. PERSPECTIVAS.....	66
11. BIBLIOGRAFÍA.....	67
12. RESUMEN BIOGRÁFICO.....	88
ANEXO 1: PRODUCTOS DE LA TESIS.....	89
1. - LEAF LITTER AS A FOOD RESOURCE FOR RANGE LIVESTOCK.....	89
2.-NUTRITIONAL PROFILE OF LEAF LITTERFALL AS FEED RESOURCE FOR GRAZING ANIMALS IN SEMIARID REGIONS.....	89

INDICE DE TABLAS

No. de tabla	Título	Página
1	Requerimientos de proteína cruda (%PC) en venados cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>)	26
2	Composición química de las muestras de caída de hojarasca del Matorral Espinoso Tamaulipeco en el estado de Nuevo León, México. SEM = error estándar de la media. * (P<0,05); ** (P<0,01); *** (P<0,001).	46
3	Medias de proteína cruda (PC), taninos condensados (TC), extracto etéreo (EE) y digestibilidad in vitro de materia orgánica (DIVMO) de muestras de hojarasca del matorral Espinoso Tamaulipeco en el estado de Nuevo León, México	48
4	Producción de gas in vitro a las 24 h de tiempo de incubación (Pgas 24h), Energía Metabolizable (EM) y proteína microbiana de muestras de hojarasca tratadas con o sin polietilenglicol (PEG). NS = no significativo; * (P<0.05); ** (P<0,01); *** (P<0,001).	49
5	Efectos del polietilenglicol (PEG) sobre la producción de gas in vitro a las 24 h de incubación (Pgas 24 h), Energía Metabolizable (EM) y proteína microbiana de las muestras de hojarasca tratadas con o sin polietilenglicol (PEG). Las medias en una columna con superíndices de letras diferentes son diferentes (P<0.01); SEM = error estándar de la media.	50
6	Medias mensuales de la composición química (% de materia seca) de las muestras de hojarasca SEM = error estándar de la media; FDN = fibra detergente neutra; FDA = fibra de detergente ácido; FDA = lignina detergente ácida; Hem = hemicelulosa; * (P <0,05); *** (P <0,001); NS = no significativo ¹ .	51
7	Contenido mensual de proteína cruda (PC, % MS), extracto etéreo (EE, % MS) y digestibilidad in vitro de materia orgánica (DIVMO, % MS) de muestras de	52

hojarasca. SEM = error estándar de la media; *** ($P < 0,001$).

- 8 Medias mensuales de producción de gas in vitro (PG 24h, ml / 200 mg), energía Metabolizable (ME, MJ / kg) y proteína microbiana (PM, μmol) de muestras de hojarasca. SEM = error estándar de la media; *** ($P \leq 0,001$)

54

INDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Tipo de Matorrales.....	4
2	Localización del matorral espinoso tamaulipeco en Nuevo León, México.....	5
3	Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET).....	5
4	Área de Estudio.....	35
5 y 6	Colectores de la Hojarasca.....	36
7	Muestras de Hojarasca.....	37
8	Digestibilidad in vitro Daisy II.....	39

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

ADAS	Nutrition Chemistry Feed Evaluation Unit
ADIN	Proteína insoluble en solución acida
ANKOM	Analytical Instruments for Food and Feed Industry
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
C	Carbono
Ca	Calcio
CaCl₂	Cloruro de calcio
Co	Cobalto
CO₂	Dióxido de carbono
CoCl₂	Cloruro de cobalto
CNF	Carbohidratos no fibrosos
CNCPS	Cornell Net Carbohydrate and Protein System
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CSF	Carbohidratos solubles fermentables
Cu	Cobre
DaisyII	Digestor “ <i>in vitro</i> ”
DVISMS	Digestibilidad verdadera “ <i>in situ</i> ” de la materia seca
DVIVMS	Digestibilidad verdadera “ <i>in vitro</i> ” de la materia seca
DVIVMO	Digestibilidad verdadera “ <i>in vitro</i> ” de la materia orgánica
DIVMO	Digestibilidad “ <i>in situ</i> ” de la materia orgánica
Eat	Equivalentes acido tánico
EE UU	Estados Unidos de América
EE	Extracto etéreo
Eleu	Equivalentes de leucocianidinas
EN	Energía Neta
FCQ	Facultad de Ciencias Químicas
Fe	Hierro
FT	Fenoles Totales
FeCl₃	Cloruro de hierro
FDA	Fibra Detergente Acida
FDN	Fibra Detergente Neutra
FMVZ	Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
gm⁻²	Gigametro
H	Hidrogeno
ha⁻¹	Hectárea
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INRA	Instituto Nacional de Reforma Agraria
J	Joule
K	Potasio
Kcal	Kilocalorías
Km²	Kilómetros cuadrados
LABCONCO	Laboratory hoods and enclosures
LDA	Lignina Detergente acido

Mcal	Megacaloría
ME	Energía Metabolizable de mantenimiento
MET	Matorral Espinoso Tamaulipeco
mg	Miligramo
ml	Mililitro
MS	Materia Seca
Mn	Manganeso
MnCl₂	Cloruro de Manganeso
mm	Milímetro
N	Nitrógeno
Na₂HPO₄	Fosfato sódico
NaHCO₃	Bicarbonato de sodio
NDIN	Proteína Insoluble en solución Neutra
NNP	Nitrógeno No Proteico
NIS	Nutritional Information Solutions
O	Oxígeno
P	Fósforo
PAICYT	Programa de Apoyo a la Investigación, Ciencia y Tecnología
PAPSA	Productora de Alimentos Pecuarios y Patología
PB	Proteína Bruta
PC	Proteína Cruda
PEG	Polietilenglicol
PG	Producción de Gas
pH	Potencial de Hidrogeno
PM	Proteína Microbiana
PV	Proteína Verdadera
pv	Peso vivo
SEM	Error estándar de la media
TC	Taninos Condensados
TH	Taninos Hidrolizables
TT	Taninos Totales

RESUMEN

Unos de los mayores problemas en la producción ganadera, es sin duda, la alimentación, y en regiones semiáridas como el Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET), existe una escasa disponibilidad de forrajes nativos, además de su baja calidad por su alto contenido de fibra y metabolitos secundarios que afectan el consumo y la digestión. Es por ello, que es necesario conocer el valor nutritivo de estas fuentes alimenticias como es la hoja caída de arbustivas (Hojarasca) para su aprovechamiento como alternativa para la dieta de pequeños rumiantes domésticos y silvestres, como el venado cola blanca. Se calcula que en estos sitios se acumulan alrededor de 4.5 toneladas de hojarasca por hectárea. Por lo que se realizó un estudio para hacer un análisis mensual, durante dos años (2007 y 2008), del valor nutricional de las muestras de hojas de Hojarasca, Las muestras fueron colectadas de 2 sitios del noreste de México. (Crucitas y Campus). Donde se determinó: la composición química, la digestibilidad verdadera “in vitro” de la materia orgánica, la producción de gas “in vitro”, la Energía Metabolizable (la que aprovecha el animal) y la proteína microbiana en ausencia o presencia de polietilenglicol (PEG).

En el muestreo del año 2007 se encontró: fibra detergente neutro (FDN promedio anual=40.8%), fibra detergente acida (FDA; 28.8%), lignina (20.2%), proteína cruda (PC: 11.5%), taninos condensados (TC: 0.6%) y extracto etéreo (EE; 2.9%) y DIVMO (63.0%) los valores de las muestras de hojas de hojarasca fueron significativamente diferentes entre sitios y meses, la interacción sitio*mes fue significativo ($P<0.05$).

La producción de gas a las 24 hrs sin PEG (53.2ml/200mg) y con PEG (59.1), EM (9.9 y 10.9 MJ/kg, respectivamente) y PM (11.5 y 13.8 μ mol, respectivamente) estos valores no fueron significativamente diferentes entre sitios, pero fueron diferentes ($P<0.001$) entre meses. En general, durante el invierno y meses secos (enero a junio), en ambos sitios, cuando la deposición de la hojarasca es más alta, la FDN, lignina y PC fueron más altos que los otros meses. Las muestras con PEG resultaron más altas DIVMO y en parámetros de producción de gas, fueron más altos en meses secos (Julio, agosto y septiembre) más que otros meses.

En tanto que en el año 2008 del estudio reflejó: un contenido de fibra de detergente neutro mayor (41.6 vs 33%) y extracto de éter (3.7 vs 3.3%) en el sitio del Campus que en el sitio de Crucitas. Por el contrario, el campus tenía un mayor contenido de cenizas (13,6 frente a 10,0%), proteína cruda (13 frente a 9%), digestibilidad real de materia orgánica in vitro (74 frente a 62%), energía Metabolizable (11,5 frente a 9,5 MJ / kg de materia seca), producción de gas (50 vs 65) y proteína microbiana (6.0 vs 5.4 μ mol) que el sitio Crucitas. En el sitio de Crucitas, los valores más bajos para la fracción de fibra detergente neutra y los valores más altos para el contenido de proteína cruda (28 vs 12,3%) fueron durante el período de enero a junio, pero en el sitio del campus fue todo lo contrario (42% vs 9,0%).

Se concluye que la mayoría de las muestras de hojarasca en todos los meses (a excepción de la proteína cruda en el sitio del Campus) tienen una buena concentración de nutrientes y digestibilidad. Además, la producción anual estimada de hojarasca en el sitio de Crucitas y el sitio del campus, se considera como suficiente disponibilidad de

biomasa para cumplir con los requisitos de mantenimiento y aumento de peso en pequeños rumiantes de rango adulto. Por lo tanto, los valores químicos y de digestibilidad pueden indicar que las hojas de hojarasca pueden tener un uso potencial como reserva de alimentación para pequeños rumiantes domésticos y silvestres como el venado cola blanca. Por lo que, su inclusión podría contribuir a una ganadería más sustentable, y que además por el contenido de taninos (1.5%), sirve como antioxidante tanto para evitar enranciamiento de la leche y como fuente de antioxidantes para el humano que la consume, para la prevención ó protección de enfermedades metabólicas ó degenerativas como el Cáncer, Diabetes, Trombopatías, Alzheimer, etc., donde hay una excesiva producción de radicales libres (Pérez 2003; Barros et al. 2011; Leopoldini et al. 2011; Moskovitz et al. 2002).

ABSTRACT

One of the biggest problems in livestock production is undoubtedly feeding, and in semi-arid regions such as Tamaulipan Thornscrub (MET), there is a scarce availability of native forages, in addition to their low quality due to their high fiber content and secondary metabolites that affect consumption and digestion. It is for this reason that it is necessary to know the nutritional value of these food sources such as the fallen bush leaf (Litterfall) for its use as an alternative for the diet of small domestic and wild ruminants, such as white-tailed deer. It is estimated that around 4.5 tons of litter fall per hectare accumulate in these sites. Therefore, a study was carried out to carry out a monthly analysis, for two years (2007 and 2008), of the nutritional value of the leaf litter fall samples. The samples were collected from 2 sites in northeastern Mexico (Crucitas and Campus). Where it was determined: the chemical composition, the true "in vitro" digestibility of the organic matter, the "in vitro" gas production, the metabolizable energy (that which the animal uses) and the microbial protein in the absence or presence of polyethylene glycol (PEG).

In the 2007 sampling, it was found: neutral detergent fiber (annual average NDF = 40.8%), acid detergent fiber (ADF; 28.8%), lignin (20.2%), crude protein (PC: 11.5%), condensed tannins (CT: 0.6%) and ethereal extract (EE; 2.9%) and IVOMD (63.0%) the values of the litterfall leaf samples were significantly different between sites and months, the site * month interaction was significant ($P < 0.05$). The *in vitro* gas production at 24 hrs without PEG (53.2ml / 200mg) and with PEG (59.1), ME (9.9 and 10.9 MJ / kg, respectively) and MP (11.5 and 13.8 μ mol, respectively) these values were not significantly different between sites, but they were different ($P < 0.001$) between months. In general, during the winter and dry months (January to June), in sites, when the litter deposition is higher, the NDF, lignin and CP were higher than the other months. The samples with PEG were higher IVOMD and in gas production parameters, they were higher in dry months (July, August and September) more than other months.

In 2008 the study reflected: a higher neutral detergent fiber content (41.6 vs 33%) and ether extract (3.7 vs 3.3%) in the Campus site than in the Crucitas site. In contrast, the campus had a higher ash content (13.6 vs 10.0%), crude protein (13 vs 9%), real digestibility of organic matter in vitro (74 vs 62%), energy Metabolizable (11.5 vs 9.5 MJ / kg of dry matter), gas production (50 vs 65) and microbial protein (6.0 vs 5.4 μ mol) than the Crucitas site. At the Crucitas site, the lowest values for the neutral detergent fiber fraction and the highest values for the crude protein content (28 vs 12.3%) were during the period from January to June, but at the site of the campus was the opposite (42% vs 9.0%).

It is concluded that most of the litterfall samples in all the months of this year 2008 (with the exception of the crude protein in the Campus site) have a good concentration of nutrients and digestibility. In addition, the estimated annual litter production at the Crucitas site and the campus site is considered as sufficient biomass availability to meet the maintenance and weight gain requirements in adult small ruminants.

Therefore, chemical and digestibility values may indicate that litter leaves may have potential use as a food reserve for small domestic and wild ruminants such as white-tailed deer. Therefore, its inclusion could contribute to a more sustainable livestock, and also due to the tannin content (1.5%) it serves as an antioxidant both to avoid rancidity of the milk and as a source of antioxidants for the human who consumes it, for the prevention or protection of metabolic or degenerative diseases such as Cancer, Diabetes, Thrombopathies, Alzheimer's, etc., where there is an excessive production of free radicals (Perez TG, 2003; Barros et al., 2011; Leopoldini et al., 2011; Moskovitz et al., 2002).

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los muchos problemas que enfrentan los nutricionistas es la determinación del valor nutritivo de las dietas de los rumiantes, las cuales están compuestas de diversas plantas nativas en terrenos accidentados. Los recursos forrajeros disponibles deben proveer nutrientes adecuados para un número de animales en pastoreo, manteniendo o mejorando el recurso (Holecheck et al. 1995). Actualmente, existe la necesidad de utilizar piensos que tienen una alta proporción de nutrientes digeribles convertibles a los productos comestibles de origen animal. Para ello se necesita una evaluación de la calidad, así como una información que refleje la digestión en dichos animales.

El uso de la técnica de gas “*in vitro*” para evaluar los sistemas de alimentación de los piensos para rumiantes, tiene potencial de aplicación en muchas áreas de la investigación nutricional, tales como la evaluación de los piensos para digestibilidad, los perfiles de fermentación de alimentos, su capacidad para suministrar nutrientes, así como para la determinación de la emisión de gases que afectan el medio ambiente (Ammar et al. 2008; Getachew et al. 2005). La utilización de polietilenglicol (PEG) en las mediciones de volumen de gas, permite la determinación del efecto perjudicial de los taninos, lo que hace una mejor utilización de los alimentos con taninos por los rumiantes (Monforte - Briceño et al. 2005).

El Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET), de las planicies semiáridas del noreste de México contiene una gran diversidad de especies vegetales arbustivas (Stienen et al. 1989). Los componentes más importantes de este tipo de vegetación son: *Acacia amentacea*, *Bernardia myricaefolia*, *Bumelia lanuginosa*, *Celtis pallida*, *Condalia hookeri*, *Cordia boissieri*, *Dyospiros texana*, *Eysenhardtia polystachya*, *Forestiera angustifolia*, *Havardia pallens*, *Randia ragocarpa*, *Sargentea greggii* y *Zanthoxylum fagara*. Estas plantas desarrollan algunas de las características morfológicas y fisiológicas para adaptarse a los factores climáticos adversos, como es, evitar la pérdida de agua del tejido vegetal, es por eso que son más abundantes en todo el ecosistema. Además, estas especies arbustivas pueden ser importantes recursos de

alimentos para animales, en momentos de escasa disponibilidad de alimentos, a pequeños rumiantes (cabras y ovejas) y rumiantes de vida silvestre (venado cola blanca) (González-Rodríguez et al. 2011). Ramírez (1999) reportó que la dieta del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y las cabras, en el noreste de México, se componen principalmente por *A. amentácea* (media anual = 58 %) con un contenido del 18% taninos condensados y *P. texana* (media anual = 8 %) con 8% de taninos condensados. Por lo que, en estas regiones, es posible que las cabras y los venados cola blanca puedan haber desarrollado mecanismos de defensa tales como producción de proteínas en la saliva con alto contenido de prolina que neutraliza los efectos negativos de los taninos en la digestión ruminal (Domínguez -Gómez et al. 2011).

Los estudios realizados en la vegetación del Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) mostraron que la mezcla de hojas (rango de 74% a 86 %) representan el mayor componente del total de la hojarasca (González-Rodríguez et a. 2011). En este enfoque, la hoja caída puede representar un buen recurso alimenticio para los rumiantes durante todo el año, sobre todo en los meses de sequía y el invierno (González -Rodríguez et al. 2004). Un estudio por Agetsuma et al. (2011) Reportaron que la dieta de los venados sika (*Cervus nipponyakushimae*) en la Isla Nakanoshima, Lago Toya, Hokkaido, en Japón, consistía en hojas caídas de árboles leñosos y, en general el 75 % de la dieta total anual de los venados consistía en hojas caídas de los bosques, a pesar de que los ciervos tienen acceso a la abundancia de hojas comestibles que viven en el área de estudio.

Por lo tanto, los venados sika pueden funcionar ecológicamente en algunas situaciones, como descomponedores en lugar de ser consumidores primarios. Por otra parte, Ditchkoff y Servello (1998) concluyeron que la hojarasca, en una región del norte de EE. UU, en época de invierno fue elevada su disponibilidad más comúnmente que el medio natural (por ejemplo, los árboles y arbustos del sotobosque), y puede ser más palatable y con mayor valor nutricional para el venado cola blanca.

Por todo lo anterior, se necesita más investigación sobre la calidad nutricional y fermentativa de la mezcla de hojas de hojarasca de las especies arbustivas nativas del Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) en el noreste de México, que son consumidos

por las cabras y ovejas y venados cola blanca. Así, los objetivos de este estudio fueron evaluar mensualmente (durante 12 meses consecutivos), de dos años de estudio, la calidad nutricional de las hojas de hojarasca y las características de fermentación al tratarlas con polietilenglicol (PEG), en dos sitios ubicados en el estado de Nuevo León, México. Nuestra hipótesis es que la mezcla de hojarasca caída en el MET del noreste de México, son una buena fuente de nutrientes para satisfacer las necesidades metabólicas de pequeños rumiantes durante los meses secos y el invierno y el polietilenglicol apoya la fermentación ruminal de la hojarasca.

2. ANTECEDENTES

2.1 Matorrales

Existen una gran cantidad de matorrales con diversa composición y estructura ocupando alrededor del 30% de área del territorio nuestro país, México. Algunos nombres que se han utilizado para denominarlos son: matorral xerófilo (seco), cardonales, tetecheras, izotales, nopaleras, matorral espinoso, matorral inerme (sin espinas) parvifolio (hojas pequeñas) magueyales, lechuguillales, guapillales y chaparrales (INEGI 2009), con diferente extensión (Ver figura 1).

Tipo de matorral	Extensión en km ²	Porcentaje de la superficie del país
Matorral desértico micrófilo (de hojas diminutas)	195,962	9.98
Matorral desértico rosetófilo (de hojas en forma de roseta)	102,146	5.20
Matorral sarcocaula (de tallos gruesos)	52,154	2.65
Vegetación halófila (de suelos con sales)	27,828	1.42
Matorral espinoso tamaulipeco	25,569	1.30
Mezquital (dominado por mezquites)	25,164	1.28
Matorral submontano	23,895	1.22
Matorral sarco-crasicaule (de tallos carnosos)	23,005	1.17
Vegetación de desiertos arenosos de desiertos arenosos	21,656	1.10
Matorral crasicaule (de tallos carnosos)	12,054	0.61
Matorral subtropical	10,123	0.52
Matorral sarco-crasicaule de neblina	5,657	0.29
Matorral rosetófilo costero	4,509	0.23
Vegetación gipsófila (de suelos con yeso)	460	0.02

Figura 1. Tipos de matorrales

2.1.1 Matorral Espinoso Tamaulipeco

El Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) cubre de 125,000 a 200,000 km² desde la planicie costera del Golfo de México, hasta la ribera sur de Texas en Estados Unidos de América (Foroughbakhch et al. 2005). (Ver figura 1). Su vegetación está compuesta de árboles de porte medio alto y arbustos, localmente se le ha denominado Matorral Espinoso o Matorral Subinerme (Garrett 2002). El MET está compuesto por alrededor de 60 especies leñosas, muchas de ellas importantes como producción forestal y de uso silvopastoril (madera, postes, leña, forraje, etcétera). Además, son una fuente de forraje elemental para la ganadería extensiva (Von Maydel 1996). Las grandes variaciones en condiciones climáticas y edáficas que existen en las zonas áridas y semiáridas propician diferentes tipos de comunidades vegetales o matorrales extremadamente diversos en términos de composición, altura, cobertura, densidad y asociaciones de plantas (Battey 2000; Eviner 2003) (Ver figuras 2 y 3).

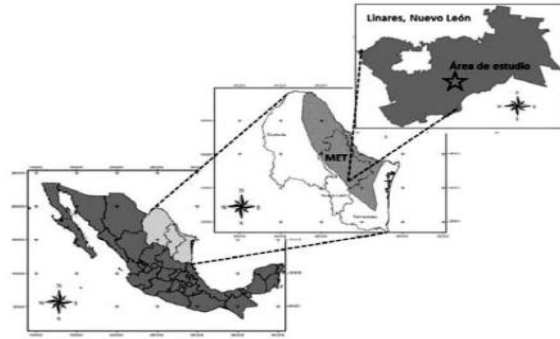


Figura 2. Localización del matorral espinoso tamaulipeco en Nuevo León, México.



Figura 3. Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET)

El MET es una comunidad vegetal donde dominan los arbustos bajos (1m) y medianos (1-2m), presentes en las altitudes bajas en la llanura Costera del Golfo Norte, donde los elementos arbustivos más comunes son: *Agave lechuguilla*, *Bernardia myricaefolia*, *Cercidium macrum*, *Cordia boissieri*, *Eysenhardtia texana*, *Havardia pallens*, *Jatropha dioica*, *Karwinskia humboldtiana*, *Leucophyllum frutescens*, *Opuntia engelmannii*, *Schaefferia cuneifolia* y *Acacia rigidula* (Zanoni y Adams 1979).

En literatura podemos encontrar los primeros estudios donde nos indica la diversidad y distribución territorial del MET, así como los diversos factores que se

relacionan e influyen en la composición de las comunidades vegetales resultantes. Un importante estudio que encontramos fue realizado por Villegas (1972), quien describe, y destaca como más importante el Matorral Alto Subinerme (35% de la superficie de Linares y Hualahuises Nuevo León, México). de un total de seis unidades de vegetación estudiadas Jurado (1986) caracterizaron un área del MET, analizando la influencia que el disturbio y los factores edáficos y topográficos tienen sobre la distribución de sus especies. Reid, Marroquín y Beyer (1990) realizaron un estudio sobre la variación florística y estructural en el MET en el noreste de México. Como en el estudio de González en 1996 analizó la vegetación secundaria del MET presente en el municipio de Linares, N.L. Y Rodríguez (1994) a través del uso de diferentes índices de diversidad, comparó y determinó la composición florística y estructural de dos comunidades diferentes de matorral en el área de Linares.

El MET es un importante ecosistema que cumple funciones vitales por la importante protección que brinda a los recursos suelo, agua y su función como hábitat de la fauna silvestre (González et al. 2010). El MET se caracteriza por una amplia variedad de patrones de crecimiento, así como diversidad en la longevidad foliar que se debe al papel de varios factores del medio que influyen a la estructura de las comunidades vegetales. Abarca los límites sureños de la Sierra Azul y los límites de la Llera de Canales en Tamaulipas, hasta al altiplano Edwards en Texas y de las faldas de la Sierra Madre Oriental hasta la costa del Golfo de México, con una superficie de 200,000 km² del noreste de México (Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas) y sur de Texas. Este ecosistema posee una gran diversidad de plantas dentro de las cuales las xerófitas son dominantes. El MET se puede clasificar entonces, según Ramírez et al. (2013) en cuatro grandes asociaciones: 1) alto subinerme y espinoso, 2) mediano principalmente espinoso y subinerme, 3) bajo espinoso e inerme y 4) matorral crasirrosulifolio espinoso.

Este tipo de vegetación tiene una historia trascendental en el uso silvoagropecuario que remonta fines del siglo XVI, determinante en la economía de la zona de noreste de México, no obstante está siendo paulatinamente y cada vez más degradado por el mal manejo como lo es el desmonte, el sobrepastoreo, los incendios forestales, la extracción selectiva de algunos de sus componentes leñosos y forrajeros o

simplemente por la eliminación del matorral, disminuyendo de esta manera su extensión a favor de terrenos agrícolas y praderas artificiales (Foroughbakhch y Peñaloza 1988). Y es que, la mayoría de estas plantas proporciona hábitat para la vida silvestre y cobertura para prevenir la erosión del suelo, (González y Cantú 2001). Así mismo la vegetación que se encuentra en esta zona ha presentado notables cambios en la estructura, composición y una degradación lenta e irreversible, como resultado de diversas actividades humanas la tala selectiva de determinadas especies o sobrepastoreo por ganado (Domínguez et al. 2012).

Las plantas leñosas de los matorrales son económicamente importantes para la población rural, ya que son utilizadas como fuente de forraje para los animales. (Von Maydel 1996). Este tipo de vegetación se caracteriza por diversidad en la longevidad foliar, contrastantes desarrollos fenológicos, y un rango amplio de patrones de crecimiento (Reid et al. 1990). Además, de las grandes variaciones en condiciones climáticas y edáficas en las zonas áridas y semiáridas propician tipos de matorrales extremadamente diversos, en términos de composición de especies, altura, densidad y asociaciones de plantas. (Battey 2000). Si bien es cierto, que la ganadería a gran escala ha sido practicada durante 350 años en esta zona, y los resultados de largo plazo de este tipo de pastoreo son, sin duda, la pérdida de la calidad y cantidad de especies de plantas forrajeras, seguido por una reducción de la cubierta vegetal que cubre y protege el suelo. (Foroughbakhch et al. 2009).

El forraje se define como cualquier parte comestible no dañina en una planta o una parte de la planta con nutrientes disponible para los animales en pastoreo y fauna silvestre. Pero, la planta o parte de ésta debe cumplir varios requisitos nutricionales antes de ser considerada como forraje. Los más importantes son la palatabilidad y disponibilidad de nutrientes, con respecto a la última condición, muchas plantas consideradas como tóxicas o dañinas no se catalogan como especies forrajeras, porque no proveen nutrientes al ser consumidas más bien causan enfermedades, daños tóxicos y en ocasiones la muerte. Hay excepciones en aquellos animales capaces de consumir cierta cantidad de plantas tóxicas sin daños. Así mismo, algunas plantas tóxicas se consideran un buen forraje y son tóxicas únicamente con un manejo inadecuado. (Van

Soest 1994). Además, el valor nutritivo de un forraje es una función de la cantidad consumida de alimento y la eficiencia con que los nutrientes se extraen de este alimento durante la digestión. (Colleman y Henry 2002). El alimento consumido por el rumiante se determina por el llenado ruminal que está directamente relacionado con la velocidad de digestión o más específicamente a la velocidad del paso de partículas fibrosas por el rumen. (Forbes y Provenza 2000). La productividad de los rumiantes está relacionada con el potencial que un alimento suplementa a través de una efectiva fermentación microbiana en el rumen, las cantidades y el balance de los nutrientes necesarios para el mantenimiento y función productiva del animal no hay una definición simple del valor nutritivo en la composición química, dado que la disponibilidad de nutrientes de los forrajes es variable (Van Soest 1994).

2.2 Valor nutritivo de los alimentos para rumiantes

Un alimento será de buena calidad cuando cumpla con las siguientes condiciones: Que contenga todos los nutrientes esenciales para el animal, así como en cantidades balanceadas. Sea digestible y palatable (que le sea sabroso al animal). El valor nutritivo no se puede evaluar por un solo principio nutritivo (Ramírez et al. 2000).

2.3 Composición de los alimentos para rumiantes

Todos los tejidos de las plantas y animales están compuestos de los siguientes elementos:

2.3.1 Materia seca (MS):

Cuando un alimento ha sido secado para quitar toda el agua, el material que se obtiene, se le llama materia seca. La determinación del contenido de agua de los alimentos es esencial para los nutricionistas, así como para el ganadero. El agua diluye el valor nutritivo por unidad de peso, aumentando el coste neto de los nutrientes. Los alimentos contienen agua en diversas formas. Las partículas coloidales en las paredes y constituyentes celulares, tales como proteínas, almidones y celulosa, pueden absorber agua y retener agua fuertemente. Otras veces, se encuentra como agua de hidratación en combinación con carbohidratos, polisacáridos y diversas sales. El método más utilizado para determinar la materia seca es el de la eliminación del agua libre por medio del

calor, seguida por la determinación del peso del residuo, siendo necesario someter las muestras a temperaturas que aseguren un secado rápido para reducir pérdidas por acción enzimática y respiración celular (Batteman 1970).

Se necesitan dos grandes grupos de alimentos para cubrir las necesidades nutritivas de los animales: concentrados y alimentos verdes, en especial los forrajeros. El problema con los pastos y forrajes verdes, es que aún no se tiene un protocolo para hacer la determinación del porcentaje de materia seca (MS) en muestras húmedas, antes de realizar el análisis nutritivo.

Según el ADAS (1978) la recomendación es a 102°C, el INRA (Dulphy y Demarquilly, 1981), recomienda un secado a 80°C, y la AOAC (1990) a 105°C, en estufa de aire forzado. Las muestras que serán molidas para su análisis en el laboratorio no se ha determinado aún una temperatura ideal para el debido secado. En función del analito a determinar, se ha trabajado con el secado a 100°C, con lo cual se potenció el uso de diferentes métodos y temperaturas, (Maestro et al. 1984). Pero para evitar pérdidas importantes de carbohidratos solubles se recomiendan 70°C en estufa de aire forzado, con lo que también se evita la formación de complejos indigestibles proteína-carbohidratos.

Según los estudios de Van Soest, 1994, la temperatura es la promotora de la formación de proteínas insolubles y productos de Maillard. La materia seca se puede subdividir en: materia orgánica: está compuesta de carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N). y la parte inorgánica (minerales) incluyendo calcio, sodio, fósforo, magnesio, entre otros.

Es por eso que cuando una muestra de alimento está colocada en un horno y mantenida a 550 °C por 24 horas la materia orgánica es quemada y la materia restante es la parte mineral, llamada ceniza. Denominándose así a la materia inorgánica que forma parte constituyente de los alimentos (sales minerales). Las cenizas permanecen como residuo luego de la calcinación de la materia orgánica del alimento. La calcinación debe efectuarse a una temperatura adecuada, que sea lo suficientemente alta como para que la

materia orgánica se destruya totalmente, pero tenemos que observar que la temperatura no sea excesiva para evitar que los compuestos inorgánicos sufran alteración (fusión, descomposición, volatilización o cambio de estructura).

Los subproductos de animales compuestas por estructuras óseas pueden tener hasta 30% de minerales (principalmente calcio y fósforo). En las plantas, el contenido de minerales varía entre 1 a 12%. Los forrajes usualmente contienen más minerales que semillas o granos. Los minerales son frecuentemente clasificados como macro- y micro minerales. Esta distinción se base solo en la cantidad requerida por los animales. Algunos minerales son esenciales (por ejemplo, bario, bromo, níquel) mientras que otros como por ejemplo el silicio son reconocidos por tener un efecto negativo en la digestibilidad de los alimentos.

Un nutriente está a disposición del animal, tal como está en el alimento (agua) o después de la digestión y absorción (la mayoría de la materia orgánica). Sin embargo, algunos componentes de los alimentos no tienen valor nutritivo, porque no son digeribles y no se absorben, como por ejemplo la lignina. Algunos compuestos pueden interferir con el proceso de digestión de otros nutrientes. Adicionalmente, algunas plantas contienen compuestos que son tóxicos para el animal. Todos los alimentos contienen elementos minerales formando parte de los compuestos orgánicos e inorgánicos. Es muy difícil determinarlos tal y como se presentan en los alimentos, la incineración pasa a destruir toda la materia orgánica, cambia su naturaleza, las sales metálicas de los ácidos orgánicos se convierten en óxidos o carbonatos, o reaccionan durante la incineración para formar fosfatos, sulfatos o haluros.

Algunos elementos como el azufre y los halógenos pueden no ser completamente retenidos en las cenizas, pudiéndose volatilizar. Los minerales o sales de minerales cumplen en el organismo funciones plásticas y reguladoras. Cumplen la función plástica, el calcio, fósforo y el magnesio, formando parte del esqueleto, cartílagos, dientes, etc., el Fe en la hemoglobina, C, H, O en grasas y glúcidos, el N en las proteínas. Pequeñísimas cantidades de Cu, Mn, Co y otros minerales también cumplen funciones plásticas. (Van

Es y Van der Meer. 1978).

En el cuerpo del rumiante, el carbón (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) de los carbohidratos, lípidos y proteínas puede ser convertido a H₂O y CO₂ con la liberación de energía. La mega caloría (Mcal) es típicamente utilizada como una unidad de energía, pero el joule (J) es la unidad oficial de medida. Las cantidades de lípidos y otras sustancias grasosas son determinadas por un método que se llama extracción con éter y ellos usualmente rinden 2.23 veces la energía que carbohidratos.

2.3.2 Carbohidratos

La mayoría de energía en forrajes y muchos concentrados viene principalmente de los carbohidratos. Hay tres clases principales de carbohidratos en plantas:

- Azúcares sencillos (glucosa, fructosa)
- Carbohidratos de almacenamiento (almidón) también conocidos como carbohidratos no-fibrosos, no-estructurales, o que no son parte de las paredes de las células
- Carbohidratos estructurales, conocidos como fibrosos, o de la pared de las células (celulosa y hemicelulosa).

Glucosa se encuentra en alta concentración en algunos alimentos como melaza y suero de leche. Mientras que el almidón es un componente importante de los granos de cereales (trigo, cebada, maíz etc.). La celulosa y hemicelulosa constituyen cadenas largas de unidades de glucosa. El enlace químico entre dos unidades de glucosa es fácilmente roto en el caso de almidón, pero en celulosa el enlace resiste el ataque de enzimas digestivas de los mamíferos. Sin embargo, las bacterias del rumen posean las enzimas que pueden extraer las unidades adicionales de glucosa de células y hemicelulosa. Celulosa y hemicelulosa son asociadas con lignina, una sustancia fenólica en la pared de la célula. La fibra, o cantidad de pared de células, en un alimento tiene efectos importantes en su valor nutritivo. En general, un alimento con el más bajo contenido de fibra, tiene el más alto contenido de energía. Usualmente los carbohidratos

no fibrosos no son cuantificados por análisis, pero en base de cálculos, restando la ceniza, proteína cruda, extractos de éter del total y asumiendo que el resultado representa la Fibra Detergente Neutro (FDN).

2.3.3 Grasas o lípidos:

Hay pequeñas cantidades de lípidos en las partes vegetativas de las plantas. Una pequeña cantidad de lípido se encuentra típicamente en las semillas de las plantas. Las grasas contienen aproximadamente 2.25 veces la cantidad de energía de carbohidratos. Los lípidos de las plantas (aceites) son típicamente menos saturados que los lípidos de animales (grasas). Los triglicéridos son la forma más abundante de lípidos en la naturaleza. Los triglicéridos se componen de tres ácidos grasos atados unidos por una molécula de glicerol.

2.3.4 Proteínas

Las proteínas se componen de una, o varias, cadenas de aminoácidos estrechamente ligadas. La proteína en alimentos tiene un promedio de 16% nitrógeno. El resto de la proteína se llama el "esqueleto de carbón." Contiene moléculas de carbón, hidrógeno y oxígeno, que pueden rendir energía exactamente como carbohidratos y lípidos. Aunque, el promedio de energía cruda del contenido de proteína es 5.1 Kcal/g, la combustión del "esqueleto de carbones" rinde 4.1 Kcal de energía disponible porque 1 Kcal se usa para excretar el nitrógeno.

Los tejidos de las plantas contienen una variedad de sustancias nitrogenadas que pueden estar involucradas en las proteínas, como los ácidos nucleicos, nitrógeno no proteico soluble en agua y muchas fracciones insolubles ligadas con la lignina cruda. El contenido de nitrógeno de la proteína de la planta. El contenido de nitrógeno en la proteína de la planta varía entre un 15 a un 16%; la proteína verdadera, sin embargo, contiene el 70% del nitrógeno del forraje.

El nitrógeno (N) en los alimentos puede dividirse en 2 grupos principales: Proteína verdadera (PV) y nitrógeno no proteico (NNP) soluble, obviando los ácidos

nucleicos y otras formas de NNP. En los forrajes el contenido de ácidos nucleicos es insignificante pero los productos fermentados, ricos en microorganismos, pueden contener cantidades importantes de estos componentes.

En general, las plantas contienen 80% de PV, compuestas por las proteínas de las hojas y los tallos y las de reserva de las semillas. Las proteínas de las hojas se encuentran en el citoplasma y cloroplastos y dichas proteínas son de alto valor biológico pero muchas veces se le estima un valor menor debido a la tradición de expresar la proteína cruda (PC) como el contenido de N x 6.25, olvidando las diferentes formas de N presentes en las plantas. (Van Soest, 1994). Las proteínas citoplasmáticas y cloroplasmáticas están en forma soluble en el contenido celular y son muy sensibles al calor y a los cambios de pH. También en las hojas se encuentra la proteína llamada extensina de las membranas celulares, que es menos soluble y es recuperada en los análisis de fibra. Es importante hacer énfasis en que el daño por calor en la proteína puede decrecer la disponibilidad de la proteína verdadera tanto por los microorganismos como por el animal (Van Soest, 1994).

Los animales requieren N en la forma de aminoácidos. Los aminoácidos son los componentes de las proteínas. Hay 20 aminoácidos, y cada uno contiene carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, con una estructura específica. Dos aminoácidos también contienen azufre. Una cadena corta de aminoácidos (menor de 100) se llama un péptido. Las plantas pueden sintetizar todos los aminoácidos que requieren a base de nitrógeno inorgánico, tales como los nitratos del suelo.

El cuerpo del animal puede sintetizar aproximadamente la mitad de los aminoácidos que ellos requieren, la otra mitad no puede ser sintetizada y tiene que proveerse en la dieta. La combinación de aminoácidos necesarios para formar una proteína específica, es regulada de una forma muy precisa por el código genético contenido en el núcleo de cada célula del cuerpo.

Muchas veces, varias cadenas de aminoácidos están ligadas por una fuente de azufre o un grupo fosfato. En el laboratorio, se mide la cantidad de nitrógeno (Método de Kjeldahl) y no la cantidad de la proteína. Luego se calcula la cantidad de proteína en

el alimento como el porcentaje de nitrógeno multiplicado por 6.25; es decir $100/16$, y esto se llama la proteína cruda o proteína bruta (PB). En la planta y algunos alimentos, la proteína puede estar ligada a la pared de la célula, pero la mayoría se solubiliza dentro del contenido de la célula, (por ejemplo, clorofila, que es responsable para la fotosíntesis).

Se sabe que las proteínas que se encuentran en los granos son más resistentes a la degradación por microorganismos del rumen por lo que son menos solubles. Algunas de las funciones de las proteínas son: como enzimas, hormonas y los anticuerpos, que controlan y regulan las reacciones químicas dentro del cuerpo. Las proteínas son un componente importante de los tejidos musculares. También, las proteínas fibrosas juegan papeles protectivos y estructurales (por ejemplo, pelo y cascos). Finalmente, algunas proteínas tienen un valor nutritivo importante (proteína de leche y carne). Sin embargo, algunos forrajes contienen taninos (TC), que se asocian con proteínas y aumentan la resistencia de la degradación ruminal. (Wang et al. 2010).

Los compuestos de nitrógeno no proteico (NNP) tales como la urea y las sales de amoníaco, tienen un alto contenido de nitrógeno, pero no proveen aminoácidos directamente. En rumiantes, los microorganismos del rumen pueden metabolizar el nitrógeno no proteico y convertirlo en aminoácidos para su propio crecimiento. La proteína microbiana, tanto como proteína de la dieta que no se ha degradado en el rumen, se digiere en el intestino delgado llamada proteína Metabolizable (PM). Así, los aminoácidos liberados se absorben y son utilizados por el rumiante. El nitrógeno insoluble en una solución ácido detergente es el nitrógeno que permanece en el residuo FDA, ya sea por causas naturales o como resultado de las alteraciones producidas durante el almacenamiento o procesado de los forrajes (Goering y Van Soest. 1970).

El nitrógeno de alimentos sometidos a temperaturas elevadas es, en general, no disponible para los animales (Undersander et al. 1993). El ADIN se corresponde con la fracción C del Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) que es considerada como indegradable ya que contiene proteínas asociadas con lignina y taninos, y los productos de la reacción de Maillard (Sniffen et al. 1992). El nitrógeno

asociado con la FDN es normalmente proteína ligada a la pared celular que también incluye al nitrógeno indigestible encontrado en el residuo ácido detergente. La proteína insoluble en la solución neutra (NDIN), pero soluble en el ácido detergente es digestible, aunque lentamente degradable y considerada como fracción específica (B3) en el CNCPS (Sniffen et al. 1992), calculándose como diferencia entre NDIN y ADIN. Por su parte, en su última versión, el NRC (2001) utiliza el valor de NDIN para restar éste del residuo FDN en el momento de calcular por diferencia el contenido en carbohidratos no fibrosos ($CNF = 100 - [(FDN-NDIN) + PB + EE + MM]$). En el supuesto de tener este objetivo, la determinación de FDN debe realizarse sin la adición de sulfito sódico. La determinación de NDIN también fue descrita por Licitra et al (1996).

En todos los forrajes verdes la fracción NNP soluble está básicamente compuesta por nitratos y aminoácidos no esenciales, glutaminas asparraginas y ácido aminobutírico (Van Soest, 1982). En forrajes fertilizados con N, el contenido de NNP aumenta debido al aumento de aminoácidos libres y nitratos. La cantidad y composición del N contenidos en los forrajes es variable, así como su localización en el tejido vegetal. En la alimentación de rumiantes, y debido a determinados procesos ruminales o postruminales los compuestos nitrogenados pueden dividirse en fracciones. Por lo anterior se propuso un sistema de fraccionamiento cuya base conceptual es la degradación de los compuestos nitrogenados, distinguiéndose tres fracciones:

- Fracción I soluble y rápidamente degradado en el rumen, compuesta por PV y NNP (nitratos, aminoácidos, ácidos nucleicos y aminos).
- Fracción II constituida por PV y NNP insolubles pero que son parcialmente degradado en el rumen y disponible al animal.
- Fracción III insoluble que representa el complejo lignina-N, no disponible para el animal.

2.3.5 Lignina

La lignina, que también forma parte de la pared de la célula, no se considera un carbohidrato y es casi indigestible en el rumen. La lignina es un polímero constituido por

unidades de fenilpropano con múltiples enlaces y se degrada por un complejo de enzimas, entre ellas lacasas, lignino peroxidasas y tirosinasas, que actúan sinérgicamente (Day et al. 2007).

Mientras va madurando la planta, la cantidad de lignina en las paredes de sus células aumenta resultando una mayor rigidez porque las moléculas de lignina crecen y están ligadas a los carbohidratos. Y como resultado, la celulosa y la hemicelulosa resultan menos digestibles, mientras la planta madura. La determinación opcional de lignina se podría realizar a continuación, mediante sometimiento del residuo FDA, una vez pesado, a una digestión con ácido sulfúrico del 72% el cual elimina la celulosa (Van Soest 1968).

Otra variante que existe de la determinación de FDA la cual utiliza permanganato potásico, como agente oxidante, en lugar del hidrólisis ácida. Además, conviene citar el procedimiento de la lignina “Klason” como residuo no hidrolizado tras una hidrólisis con ácido sulfúrico en dos etapas, usada en la determinación de la fibra dietaria total (Sjöberg et al 2007). Esta determinación de lignina procura valores de lignina bien distintos a los obtenidos con FDA, aunque existe una buena correlación entre ambas y los valores de digestibilidad, por lo que pueden ser consideradas indistintamente como un buen predictor de la calidad de los forrajes (Jung et al. 1995).

Es necesario un procedimiento exacto que determine lignina y solo lignina para obtener un mayor entendimiento del papel de composición del forraje en relación con la digestibilidad (Kalbitz et al. 2006).

2.4 Factores que afectan el forraje o alimento para los rumiantes

La producción forrajera se encuentra influenciada por una serie de factores de los cuales algunos pueden manipularse como por ejemplo la fertilización, y también el manejo y otros factores que no podemos controlar como, temperatura régimen hídrico, fotoperiodo, radiación). Las plantas rara vez crecen en condiciones climáticas ideales y con frecuencia se encuentran sometidas a estrés, el cual modifica su morfología y su tasa de desarrollo, afectando la calidad de forraje; esto causado por numerosos factores, siendo los de mayor importancia: la temperatura, el déficit de agua, la radiación solar, la

deficiencia de nutrientes y las plagas. (Buxton y Fales 1994).

La temperatura usualmente tiene un gran impacto en calidad del forraje más que otros factores ambientales a los que se enfrentan las plantas. La temperatura de la planta es el resultado de interacciones complejas y el intercambio de energía en el medio ambiente, es influenciada por el flujo de la densidad de radiación, calor de conducción, calor de convección, calor latente, la respiración, la energía almacenada y las características anatómicas, morfológicas, fisiológicas y bioquímicas (Domínguez et al. 2012). Con respecto a la temperatura, se ha observado que los componentes de la pared celular depositados en condiciones de bajas temperaturas se encuentran menos lignificados y presentan altos valores en digestibilidad, en cambio en temperaturas altas, la síntesis de lignina se incrementa preferentemente y causa que el forraje producido presente baja digestibilidad.

También se ha encontrado que las concentraciones de FDA, celulosa y sílice se incrementa cuando aumenta la temperatura, pero las concentraciones de Hemicelulosa disminuyen, sin embargo, los niveles de FDA, celulosa, sílice decrecen y el nivel de lignina se incrementa con un aumento en la radiación solar; no obstante, la temperatura tiene efecto más profundo sobre la calidad del forraje que el flujo de luz. (Dignac et al. 2009).

2.5 Utilización de árboles y arbustos como fuente forrajeros

Los árboles forrajeros tienen su hábitat en zonas áridas y semiáridas donde las condiciones del medio ambiente son difíciles para el cultivo de pastos introducidos. En estos casos el pastoreo depende exclusivamente de dichos árboles y arbustos ya que de otra forma los animales no sobrevivirían. Por otro lado, estos contribuyen a asegurar una dieta nutritiva para el ganado. En numerosas regiones del mundo, la mayor parte de los pastores y ganaderos reconocen el valor de los árboles y han establecido medidas para su protección; pero en ocasiones se las dejan a la naturaleza que actúa sobre la misma regeneración de las especies. Cuando hay exceso de pastoreo el suelo se erosiona y por lo tanto disminuye su capacidad productiva, lo que se refleja en la pérdida de cubierta vegetal que podría seguir proporcionando forraje durante varios años. Cuando el suelo se

somete a cultivos intensivos el espacio para los árboles es poco o nulo. Muchas veces las necesidades de alimentación de los rebaños se compensan con el forraje producido por árboles plantados en los linderos, como cercas vivas y cortinas rompe vientos (Domínguez et al. 2012).

Las hojas, yemas, ramas de árboles y arbustos constituyen un componente de la vegetación nativa y no son siempre comunes en áreas montañosas frías y regiones semiáridas. Las especies presentes y su densidad varían ampliamente con respecto al clima, tipo de suelo y precipitación. Se ha encontrado extensa variabilidad en los valores nutritivos en especies de arbustos y árboles usados en la alimentación del ganado. Esta variación se debe a la amplia diversidad inherente de los valores nutritivos entre especies, así como a la fluctuación encontrada en las especies, por las diferencias en las partes de las plantas, edad del tejido, tipos de suelo y condiciones ambientales prevalecientes, en las cuales las plantas crecen (Ramírez et al. 2010). Por otra parte (McDowell 1996) menciona que el contenido de nutrientes de los forrajes está en función de su digestibilidad, composición química y presencia de toxinas o factores anti nutritivos. El estudio de árboles y arbustos que se desarrollan en regiones áridas y semiáridas en el mundo, como fuente de alimento para pequeños rumiantes bajo sistemas de manejo extensivo, recientemente ha cobrado gran interés por parte de los nutricionistas del pastizal, además fomenta una nueva forma de utilización de los recursos naturales que conlleva la generación de productos alimenticios en beneficio del hombre.

Existe evidencia importante que la inclusión de arbustos en la dieta del ganado mejora el comportamiento de éste, cuando los pastos están en latencia y son de baja calidad. Por lo que los agostaderos del norte de México son útiles como recursos naturales en la alimentación animal bajo sistemas extensivos; sin embargo, muy pocos de ellos se han estudiado a fondo para tal fin. (Papachristou y Nasti 1993).

Para que un árbol o arbusto pueda ser calificado como forrajero debe reunir ventajas tanto en términos nutricionales, como de producción y de versatilidad

agronómica, sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente en tal sentido los requisitos para tal calificación son: a) que su consumo por los animales sea adecuado como para esperar cambios en sus parámetros de respuesta; b) que el contenido de nutrimentos sea atractivo para la producción animal; c) que sea tolerante a la poda d) que su rebrote sea lo suficientemente vigoroso como para obtener niveles significativos de producción de biomasa comestible por unidad de área (Benavides 1998).

2.6 La importancia del ramoneo en rumiantes

El número de arbustos y árboles con potencial forrajero en países en desarrollo es muy grande; sin embargo, pocas especies han sido incorporadas dentro de los sistemas de alimentación de rumiantes en pastoreo. Asimismo, el valor nutritivo de estos arbustos y árboles también es muy grande en la mayoría de los sistemas extensivos de las regiones áridas y semiáridas, en los cuales el ramoneo en las dietas de pequeños rumiantes es muy importante, donde esto último en cabras y venado cola blanca (*Odocoileus*, *Virginianus*, *Texanus*), puede representar más del 50% de sus dietas. Reportes científicos del valor nutritivo del ramoneo sugieren que en general, hojas de arbustos y árboles contienen niveles mayores de calcio y proteína cruda que muchos forrajes comerciales (Domínguez et al. 2012).

El ramoneo ofrece a los animales la mejor oportunidad de satisfacer sus requerimientos, porque posee alimentos frescos como hojas, semillas, frutos y rebrotes que proveen un beneficio colateral al reducir la infestación de parásitos. Asimismo, ayuda como suplemento cuando la calidad del forraje declina y sostiene el rendimiento de animales en pastoreo a lo largo de las diferentes estaciones del año. Las hojas, tallos, yemas, frutos de árboles y arbustos que en conjunto constituyen el ramoneo, representan un importante recurso alimenticio para los rumiantes en pastoreo. Además, la condición perenne de éstos les permite mantenerse verdes durante los inviernos húmedos y no disminuye notablemente el contenido de nutrientes, como los pastos y hierbas con ciclo vegetativo anual que al madurar disminuyen la disponibilidad de sus nutrientes accesibles para el animal que los consume (Domínguez 2013). Otro aspecto importante del ramoneo es el control de especies tóxicas, cuando se hace de forma simultánea entre

equinos y rumiantes ya que aparentemente controlan las pérdidas de animales por plantas venenosas, debido a que cabras y borregas consumen y controlan vegetación rica en taninos en las áreas donde hay sequía. Las cabras y borregas reducen la dispersión de malezas y plantas leñosas vía semilla y se han usado con éxito para reducir el crecimiento excesivo de arbustivas para el mejoramiento (Domínguez et al. 2012).

2.7 La importancia de la hojarasca

Un conocimiento profundo de las consecuencias del deficiente manejo forestal es esencial para el mantenimiento sostenible de nuestros ecosistemas (Alanís et al. 2015). Árboles pequeños, pastos, hierbas y arbustos de la flora nativa son componentes importantes de la vegetación nativa del MET del noreste de México (Ramírez 2009). Estos matorrales son utilizados para la obtención de productos para la construcción de cercas (como postera) y para la elaboración de implementos agrícolas, además de la extracción de leña, la producción de carbón y sobre todo, la utilización de sus superficies para el establecimiento de áreas de cultivo y de pastoreo (Correa 1996).

Crespo y Pérez, (1999) definen hojarasca la acumulación de los residuos vegetales (hojas, tallos, etc.) sobre la superficie del suelo. La cual queda distribuida en toda el área pastada y contribuye, de forma significativa, al flujo de los nutrientes y la energía, así como a la constitución de las reservas húmicas del suelo. Mientras que Pedraza (1992) identifica por hojarasca, a todo material orgánico muerto presente sobre el suelo mineral, compuesto por residuos vegetales en distinto grado de descomposición pero que siguen siendo reconocibles. Siendo las hojas la fracción más importante (órganos abundantes). Esta deposición de hojas juegan un papel clave al proveer cobertura al suelo modificando el ambiente edáfico, conforme se descompone la hojarasca se convierte en fuente importante de materia orgánica y activa el ciclo biogeoquímico de elementos (Gliessman 2002). Dentro de la interrelación suelo-planta, es de suma importancia la caída de la hojarasca (Santa Regina et al. 1989), denominando así al conjunto de órganos vegetales (hojas, ramas, frutos, inflorescencias, cortezas, etc.) y de restos de insectos que caen al suelo, procedentes de los distintos estratos de la vegetación, con exclusión de raíces.

Esta hojarasca es llamada mejorante y está constituida por hojas poco lignificadas y ricas en nitrógeno, con una razón C/N (carbono/nitrógeno) inferior a 25: Donde los alisos, fresnos, olmos, carpes, tilos, gramíneas, leguminosas (matorrales como retamas, tojos y genistas, o árboles como las acacias, además de numerosas herbáceas), serían ejemplos representativos. Estas especies, poseen pocos lípidos y una gran abundancia en compuestos hidrosolubles de fácil fermentación (sacáridos), así como también en taninos hidrosolubles (Martín et al. 1996).

La descomposición de los materiales vegetales puede definirse como el proceso mediante el cual se degradan sus tejidos hasta los constituyentes elementales de las proteínas, carbohidratos, grasas y otros (Fassbender 2002). La hojarasca no solo juega un rol fundamental en el reciclado de los nutrientes, sino que actúa como un estrato aislante protegiendo al suelo de cambios extremos de temperatura y humedad, disminuyendo la erosión y favoreciendo la infiltración del agua (Schutz 1990).

Para la formación del suelo y el mantenimiento de su fertilidad depende mucho de la cantidad y naturaleza de la hojarasca, siendo parte esencial de la productividad primaria neta (PPN) de una comunidad vegetal (Proctor 1984).

Esta hojarasca vegetal es muy importante, por que forma un tipo de abrigo orgánico sobre la superficie de los suelos forestales dando por resultado un microclima edáfico peculiar que proporciona las condiciones adecuadas para un espectro más amplio de microorganismos. Por lo que la calidad de la hojarasca se refiere a la gama de nutrientes contenidos en ella (Pritchett 1991)

Una vez la hojarasca se descompone, la cantidad de bioelementos contenidos en ella constituye la principal fuente de nutrientes incorporados al suelo en los ecosistemas naturales. Durante este proceso de descomposición primero hay una liberación de la fracción lábil (azúcares y proteínas) y después la fracción recalcitrante, (de más lenta descomposición), como las ligninas y los fenoles (Binkley, 1986).

En este sentido, se reconocen tres etapas fundamentales en el ciclo de descomposición de la hojarasca. En la primera etapa se produce la biodegradación rápida de la mayoría de las sustancias hidrosolubles y polisacáridos por la acción microbiana y los pluviolavados; en la segunda etapa ocurre una disminución lenta de los hidrosolubles

fenólicos y hemicelulosas por fragmentación, transporte, mezcla y biodegradación por la acción de la fauna edáfica; y en la tercera etapa se produce un aumento del contenido de lignina y proteína por transformación húmica y mineral, con lavado de los hidrosolubles neoformados, lo que retarda notablemente la velocidad de descomposición. (Martín et al. 1996).

La caída de la hojarasca representa el mayor proceso de transferencia de nutrientes de las partes aéreas de la planta hacia el suelo. (Sachlatter et al. 2006). Las fluctuaciones estacionales en la producción de hojarasca están reguladas fundamentalmente por procesos y factores biológicos y climáticos, aunque también son importantes la topografía. La producción de la hojarasca está relacionada con la cantidad de lluvia que reciben las plantas durante su fase de crecimiento, ya que los estudios llevados a cabo en una región semiárida de México, comprueban que el contenido de nitrógeno en la hojarasca del arbusto Mimosa Luisina (*Mimosaceae*) está relacionada con variables ambientales tales como temperaturas máximas y precipitación. (Pavón et al. 2005). Así como en Bosques siempre verdes, bajo climas poco estacionales, como lo es la selva de Costa Rica, cuyas temperaturas y precipitación anuales son de 26°C y 3660mm, respectivamente, se ha observado una asociación positiva entre la precipitación y la hojarasca depositada (Parker 1994) quizá esto se asocie al efecto físico de la lluvia sobre el follaje.

La descomposición de la hojarasca es una cadena de procesos físicos y químicos donde se reduce a sus constituyentes químicos elementales, siendo éste uno de los procesos más importantes en los ecosistemas por su aporte de nutrientes al suelo (Aber y Melillo 1991), donde el carbono es regresado a la atmósfera como consecuencia de la respiración de los desintegradores y porque a través de esta cadena de desintegradores fluye una cantidad importante de energía que, dependiendo del estado sucesional del sistema, puede acumularse en mayor o menor medida en la capa del suelo como mantillo y humus. (Aerts, 1997).

Más del 90% del nitrógeno y del fósforo absorbido por las plantas de la mayoría de los ecosistemas forestales, vienen de reciclar los nutrientes de la caída de años

anteriores (Waring y Running 1998). La cantidad de bioelementos contenidos en esa hojarasca constituye la principal fuente de nutrientes incorporados al suelo en los ecosistemas naturales, una vez la hojarasca se descompone, por tanto, en un alto porcentaje su ciclo se encuentra ligado con el aporte de hojarasca y su posterior descomposición (Del Valle, 2003).

2.8 Composición química de la Hojarasca

La calidad del material vegetal es definida por los constituyentes orgánicos y los contenidos de nutrientes. Las tasas de descomposición y liberación de los nutrientes están determinadas por la calidad de la materia orgánica. La calidad del carbono de un material orgánico depende de las proporciones del carbón soluble, la celulosa, hemicelulosa y la lignina; en este caso la calidad se refiere a la energía disponible para los organismos descomponedores. La celulosa, la hemicelulosa y la lignina son los componentes más importantes de la hojarasca, los que constituyen el 50-80% de la materia seca (Berg 2000). Antes de la asimilación por parte de los microorganismos, estas macromoléculas son hidrolizadas a subunidades más sencillas, por medio de enzimas extracelulares.

Uno de los componentes estructurales orgánicos más importantes de los tejidos vegetales es por supuesto la celulosa y la capacidad para su utilización se considera una propiedad esencial de los hongos saprófitos que degradan la hojarasca. La hidrólisis de la celulosa a unidades de glucosa se realiza por enzimas denominadas celulasas. Después de la celulosa, la lignina es el segundo componente más importante de la hojarasca. (Sánchez et al. 2003). La lignina es un polímero constituido por unidades de fenilpropano con múltiples enlaces y se degrada por un complejo de enzimas, entre ellas lacasas, lignino peroxidasas y tirosinasas, que actúan sinérgicamente (Day et al. 2007).

Sandhu, et al (1990) , señalan que por lo general, la hojarasca de gramíneas las relaciones C/N y lignina/nitrógeno son mayores que la de leguminosas, lo cual hace más lenta la velocidad de descomposición. Según Fassbender (2002) la relación C/N y la cantidad de lignina y celulosa presente en la hojarasca, ejercen una influencia inversa en la velocidad de su descomposición, o sea, a mayor cantidad de lignina y celulosa, más lenta será la descomposición de los residuos, los cuales tienden a acumularse en el suelo

de forma parcialmente descompuesta.

Se puede comprender que durante la descomposición de la hojarasca diversos indicadores de su composición química. Por ejemplo, Badejo et al. (1998) encontraron aumentos de la concentración de lignina, taninos, celulosa, hemicelulosa, nitrógeno y carbono. En donde tales aumentos se les atribuye gracias a la actividad y colonización de la fauna descomponedora (Hunter et al. 2003).

Schlatter et al. (2006) evaluaron el flujo de nutrientes en la hojarasca en una plantación de *Eucalyptus nitens* en Chile, observando que en el mantillo se acumularon 85 kg ha⁻¹ de N; 15 de P; 30 de K y 140-230 de Ca. Concluyendo que esta biomasa y nutrientes constituyen una reserva muy importante para el ecosistema y la sustentabilidad del cultivo. González et al. (2006), cuantificaron la deposición potencial de nutrientes en tres sitios del MET en el Noreste de México, obteniendo los siguientes resultados (kg ha⁻¹ año⁻¹): con respecto a macronutrientes el Ca fluctuó de 2.3 a 305; de K de 1.5 a 46 y en cuanto a Mg de 0.42 a 1.84. Se encontró para micro-nutrientes (g ha⁻¹ año⁻¹), un aporte de Cu de 3.4 a 36.7; para Fe de 41.3 a 1,468; para Mn de 6.28 a 241.7 y para el Zn valores de 28.2 a 540.

2.9 La hojarasca como alimento para los pequeños rumiantes

La hojarasca del MET del Noreste de México, está compuesta por las hojas, ramas, estructuras reproductivas y componentes diversos (González-Rodríguez et al. 2011). Con una producción media de 4 500 kg ha⁻¹ valor suficiente para ser considerada como una alternativa de alimento para los pequeños rumiantes, en los períodos secos y durante la escasez de forraje (Domínguez-Gómez et al 2011). En estudios sobre el contenido de macrominerales la hojarasca presentó cantidades suficientes de 17 a 43 g de Ca kg⁻¹ de MS para satisfacer los requerimientos de rumiantes como: bovinos de carne, borregos, cabras y venados cola blanca en pastoreo (4.6, 5.1, 3.0) y valores de 5.3 g en Ca kg⁻¹ de materia seca en la dieta (Ramírez-Lozano 2012). Considerando que un consumo inadecuado de minerales, provoca baja en la productividad (García-Vaquero et al. 2011).

2.10 El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*).

2.10.1 Taxonomía.

El venado cola blanca pertenece al Orden de los Artiodáctilos Ungulados, Suborden de los Rumiantes, familia Cérvidae (Villareal 1999). México posee 5 especies de venados: el ciervo rojo wapiti (*Cervus elaphus*) ya extinto, el venado bura (*Odocoileus hemionus*) el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el temazate rojo (*Mazama americana*) y el temazate gris (*Mazama pandora*) (Galindo-Leal y Weber 1998). Los tipos de vegetación ocupados por esta especie pueden ser: bosques templados y tropicales, mezquiales, bosques espinosos, chaparrales, zonas con matorrales densos de cualquier clase, pastizales templados, estepas, desiertos, (Gallina et al. 2005).

2.10.2 Distribución geográfica.

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) tiene una permanencia en casi todo México, distribuyéndose en áreas montañosas del centro de México, Hidalgo, Guanajuato, Estado de México, Querétaro, Puebla, Tlaxcala, Distrito Federal Morelos, Michoacán, Guerrero y Oaxaca ocupando una gran variedad de ecosistemas, a excepción de Durango, Sonora, Chihuahua, Coahuila y Baja California, donde se puede observar la presencia del venado bura (*Odocoileus hemionus*) (Galindo-Leal y Weber 1998).

2.10.3 Requerimientos nutricionales del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*):

Algunos procesos fisiológicos que involucran la nutrición aparentan ser diferentes en el venado cola blanca, comparado con los rumiantes domésticos. (Curtis y Richmond, 1992).

Los requisitos del venado se consideran en base a los cambios estacionales, dado que corresponden a los cambios fisiológicos en el venado y los nutrientes disponibles. Los diferentes nutrientes requeridos por el venado, en una determinada estación del año, pueden agruparse en las siguientes categorías: 1) agua, 2) proteína: compuestos nitrogenados proteicos y no proteicos, 3) energía (ácidos grasos esenciales), 4) minerales (macrominerales y elementos traza), 5) vitaminas (liposolubles e hidrosolubles) y 6) fibra (Browm, 1994).

2.10.3.1 Proteína.

El requerimiento de proteína del venado varía de acuerdo con la edad, ciclo reproductivo y estación del año. Se considera que el venado requiere un 7% de proteína solo para mantenerse vivo, un 9.5% para crecimiento moderado y un 13% para crecimiento y capacidad reproductiva óptimos. Cuando el contenido de proteína es menor o igual a 6 ó 7% la actividad ruminal puede ser gravemente afectada causando alteración reproductiva. (Ramírez 2004).

Los cérvidos en periodo de lactancia no requieren que su alimento contenga de 13 a 20% de proteína, dado que el contenido de proteína en la leche sobrepasa estos niveles (Villareal 2000) (Ver Tabla 1).

Etapa	% Proteína Cruda	Autor
Joven/crecimiento	16-20	Villarreal 1982 Tamez 1994 Robbins 1983 Becerril 1982 Ramírez 1989 Robbins 1983
Preñada/lactando	16-20	
Macho adulto	6-8	
Mantenimiento	6-7	
	5.5-9	
	13-16	
Crecimiento	13-17	
	13-20	

Tabla 1: Requerimientos de proteína cruda (%PC) en venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*)

El requerimiento de PC del venado es aproximadamente de 130 a 200 g PC/Kg. de MS. Los alimentos que contienen alrededor de 170 g PC/Kg. de MS favorecen un óptimo crecimiento y desarrollo, sin embargo, cuando el forraje que consume tiene niveles menores o iguales a 70 g PC/Kg. de MS el venado se desarrolla lentamente y su tasa reproductiva se ve afectada (Ramírez 2003). Ramírez (2004) menciona que este nivel en un forraje es considerado como conveniente para mantener la actividad microbial en el rumen del venado. Un menor consumo de PC promoverá un crecimiento lento de las bacterias celulolíticas.

Las astas del venado macho adulto contienen 450 g PC/Kg. de peso; el desarrollo

y tamaño de las astas está directamente relacionado con el nivel de consumo de proteína. Aparentemente el venado consume de 150 g PC/Kg. de MS para un óptimo crecimiento de sus astas. Las hembras preñadas, durante los dos primeros tercios de gestación, requieren de 180 g PC/Kg. de MS. Durante la lactancia, que es cuando hay una mayor demanda de proteína, especialmente cuando tienen dos crías (Ramírez 2004). Gallina (1977) señala que las hembras requieren alimento adicional para maximizar las tasas de crecimiento de sus crías.

Cuando la proteína es limitada para los animales, se pueden producir síntomas de deficiencia como anorexia, disminución en el crecimiento, balance negativo del nitrógeno, disminución en la utilización del alimento, bajo peso e las crías al nacer y reducción en la síntesis de algunas enzimas (Church 1988).

2.10.3.2 Materia seca y energía.

Las especies pequeñas, menores de 250 Kg. de peso vivo (PV) de artiodáctilos, en general consumen de 2 a 4% de MS de su peso al día. Según Clemente (1984) un ciervo de 23 a 27 Kg. de PV requiere de 3 600 Kcal/día y los de 45 y 68 Kg. de PV requieren 6 300 y 9 900 Kcal/día respectivamente. Los machos adultos en el mes de octubre requieren de 5 000 a 6 000 Kcal/día y en invierno de 3 500 a 4 000 Kcal/día. Los cervatos destetados, y durante los meses de diciembre-abril, requieren de 97 Kcal/Kg.75 de Energía Neta (EN) y de 153 Kcal/Kg.75 de Energía Metabolizable (EM) para el mantenimiento, y durante los primeros días de mayo a octubre 125 Kcal/Kg.75 de EN y de 162 Kcal/Kg.75 de EM. Es recomendable ofrecer suficiente fibra en la dieta del venado para fomentar una función adecuada del colon (Villareal 2000).

La energía de los alimentos que el venado utiliza depende esencialmente de los ácidos grasos volátiles producidos por la fermentación ruminal de los carbohidratos que se encuentran en gran cantidad en los tejidos de las plantas. El principal ácido graso que se produce en el rumen es el acético, que quizá constituye hasta el 70% de la composición molar de los ácidos grasos volátiles producidos durante la fermentación de la celulosa (Van Soest 1994). El ácido propiónico es la fuente principal de glucosa para los rumiantes. Las necesidades energéticas de los rumiantes generalmente están

relacionadas con la cantidad de proteínas de la dieta para proporcionar un óptimo crecimiento microbial. Verme y Ullrey (1974) indican que los requerimientos energéticos se incrementan durante el último tercio de preñez y durante la lactancia.

Las deficiencias de energía pueden resultar en el retardo del crecimiento, pérdida de peso, fallas en la reproducción y disfunción ruminal; en las hembras gestantes y lactantes puede resultar en un bajo peso de las crías al nacer y muerte prematura de cervatos que dependen de la leche materna para su desarrollo. Los machos adultos pueden crecer con astas muy pequeñas si durante su crecimiento padecieron deficiencias energéticas (Richardson 1999).

2.10.4 La importancia de la Hojarasca como alimento del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*)

Es importante el conocimiento científico de la alta calidad nutritiva de la flora nativa, y por tanto la hojarasca del noreste de México, como un componente vital del hábitat del venado cola blanca, han contribuido a incrementar considerablemente su población, por consiguiente, la cacería cinegética que deja anualmente una gran derrama económica para los tenedores de la tierra, comerciantes e industriales relacionados. (Ramírez 2012)

A pesar que las cabras y venados usan la vegetación nativa del agostadero mejor que cualquier otro rumiante, Mandujano et al (2002) demostró que el contenido de energía de la vegetación arbustiva es muy bajo. En el Norte de Nuevo León, México, se ha reportado que las principales plantas consumidas por venados y cabras es el ramoneo de arbustos del genero *Acacia*, *Dalea*, *Prosopis*, *Pithecellobium*, *Leucaena*, *Cercidium* y *Porlíera*, ya en conjunción con el pastoreo de hierbas de la temporada cubren las demandas nutricionales, especialmente de N, energía, minerales y vitaminas de estos rumiantes. (Ramírez 1999).

El follaje (hojas y talluelos verdes, principalmente) de árboles, arbustos y hierbas contienen altos niveles de proteína cruda (Ramírez 1999). Pero algunas de estas especies de plantas contienen inhibidores que pueden impedir la utilización de los nutrientes contenidos en la vegetación. Dentro de estos se incluye a la lignina contenida en los talluelos maderables y hojas de los árboles. Los aceites esenciales como los terpenos que

están presentes en cantidades relativamente altas, aparentemente inhiben el crecimiento de las bacterias en el rumen. (Holechek et al. 1995) Los arbustos y árboles no palatables frecuentemente tienen altos niveles de taninos fenólicos, que probablemente interfieren con la digestión induciendo una toxicosis. (Hagerman et al. 1992)

Los taninos condensados más que los hidrolizables (TH) tienen la habilidad de formar complejos muy fuertes con las proteínas, lo cual dependiendo de la cantidad puede provocar efectos antinutricionales y toxicológicos. Pero niveles relativamente pequeños tienen un efecto benéfico para el rumiante y para la leche que producen. Niveles altos de taninos en los principales arbustos consumidos por pequeños rumiantes reducen la digestión de los alimentos, a causa de la inhibición de actividad enzimática bacteriana (Kumar y Singh 1984; Barry y Duncan 1984).

Hagerman et al. (1992) encontraron que el tanino dietario del quebracho, un tanino condensado, disminuyó la digestibilidad de la proteína en venados y borregos, no así, del ácido tánico el cual es hidrolizado rápidamente después de ser digerido, el ácido gallito producido es absorbido y excretado vía orina. En una prueba de digestibilidad “*in vivo*” con venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) Barnes et al. (1991a) reportaron que los venados alimentados con guajillo (*Acacia berlanddieri*) con altos niveles de taninos condensados (16.0%MS) redujeron drásticamente su consumo de MS, en todas las estaciones.

La hojarasca de *Capparis angulata* (sapote) es comestible por el ganado caprino y ovino al estado seco, no así el fruto (semillas) que al ser ingeridos por las hembras en estado de gestación produce abortos prematuros, por el efecto de los taninos. (Gutiérrez. 1953). Otros estudios indican que la calidad del ramoneo de la encina (*Quercus rotundifolia*) es baja, ya que el ganado sólo ingiere una parte de su ración. Tiene un elevado contenido en taninos. Su contenido proteico varía según el diámetro de las ramas, época de corte y posición en el árbol. La producción es escasa, su calidad baja y su aprovechamiento costoso al tener que ponerlo al alcance del ganado. Un beneficio es su hojarasca seca que es consumida por el ganado representando entre un 10-20% de la ración de volumen ingerida. (Tejerina et al. 2010).

Existe evidencias de que la hojarasca puede ser un alimento importante para el venado cola blanca en invierno, pero la hojarasca rara vez ha sido incluido en estudios de la disponibilidad de alimentos. Ditchkoff and Servello 1998 señalan que la hojarasca es más disponible que los árboles y arbustos y que puede ser más palatable y de mayor valor nutricional. Sin embargo, la disponibilidad de la madera dura durante el invierno puede ser más predecible que la hojarasca.

La caída de hojarasca puede tener mayor calidad nutricional que la madera por la disponibilidad de los venados en invierno. Los valores de digestibilidad del abeto oriental (2.41 kcal/g MS), del cedro blanco del norte (2.46kcal/g MS) y líquenes arbóreos (2.86 kcal/g MS) son mayores en comparación a los valores de digestibilidad de la madera dura (Hobbs et al. 1981). La hojarasca puede ser un forraje de invierno importante para cervatillos en las regiones del norte debido a que tienen bajo sus reservas de grasa y alta demanda energética por las condiciones invernales extremas. Gray y Servello (1995) estiman que en invierno la pérdida de masa corporal en los cervatillos puede ser $\geq 30\%$ en las dietas que contienen $>70\%$ de madera dura y esta pérdida se le atribuyo que estas dietas de baja calidad solo rellenan el sistema digestivo. La inclusión de cantidades de forrajes de alta calidad (por ejemplo, hojarasca) puede permitir aumentar la calidad de una dieta de mantenimiento durante el invierno.

Miyaki y Kaji (2009). Proponen a la hojarasca como una alternativa de alimento, este cambio sería de gran apoyo a la alta densidad de población de venados sika en la Isla Nakanoshima, Japón. Aunque la hojarasca es un recurso estable y abundante, su consumo puede llevar más tiempo que la preferencia del ramoneo de hojas de los árboles si estos están disponibles. Para un venado cola blanca domesticado, hojas secas de árboles de madera fueron los alimentos importantes para finales de otoño y el invierno (Crawford 1982). Makino (1996) reportó que las “fallenleaves” (hojarasca) fueron altamente utilizadas por los venados sika en el invierno en las Montañas Tanzawa en la Isla Honshu, Japón, donde no hay bamboo enano.

3. JUSTIFICACIÓN

Dicho lo anterior y para describir el problema, nuestro propósito fue contribuir al dar a conocer el valor nutricional de las hojas de la hojarasca del matorral espinoso tamaulipeco consumidas por el ganado ovino, caprino y venado cola blanca, en diferentes estados fisiológicos del animal, por lo que se plantearon los siguientes objetivos e hipótesis:

4. HIPOTESIS

Las hojas de la **hojarasca** colectada en dos sitios del Estado de Nuevo León, contiene nutrientes disponibles para satisfacer los requerimientos de energía y de proteína de los pequeños rumiantes y venado cola blanca, además de ser una fuente de antioxidantes benéficos para el metabolismo de dichos animales

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

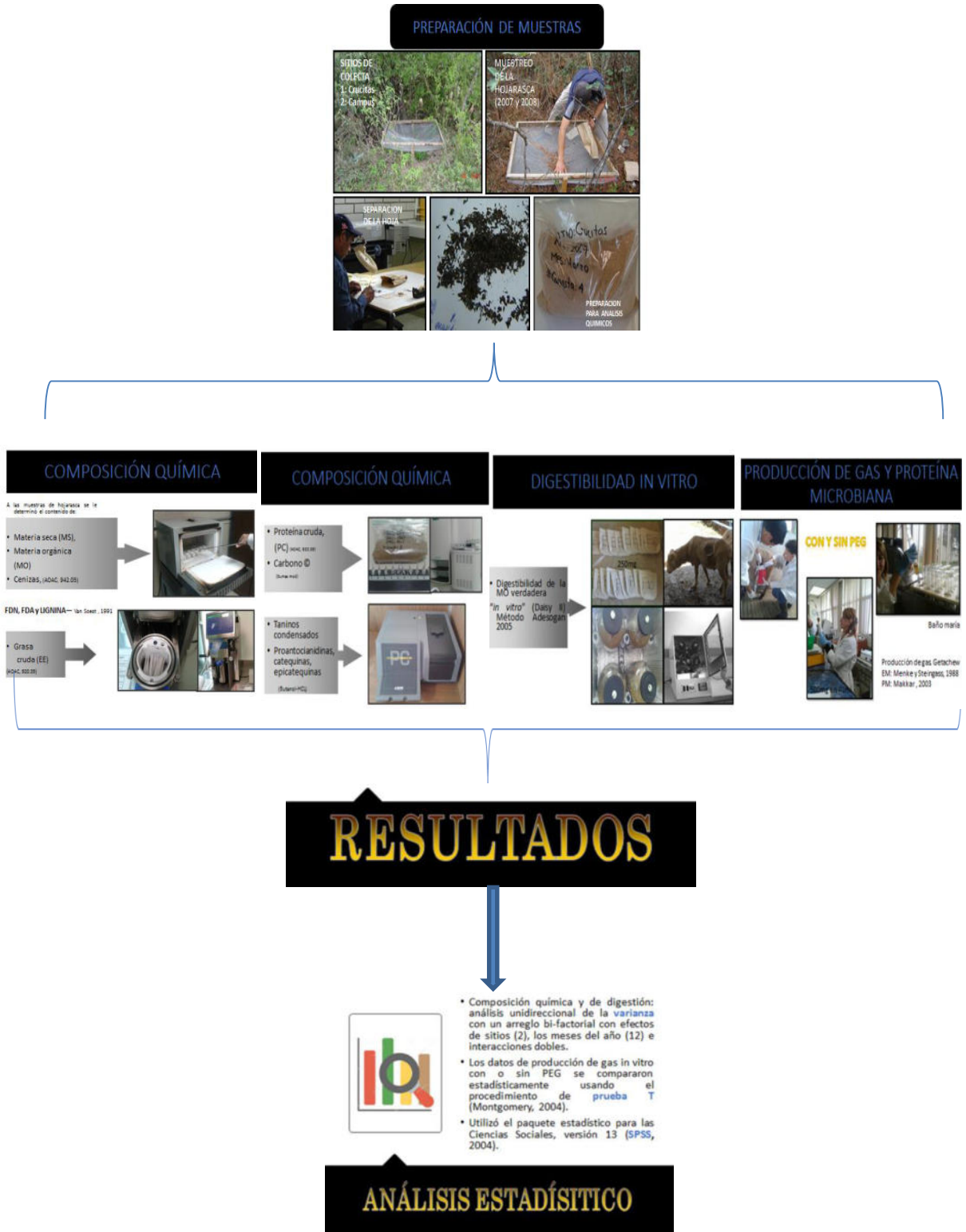
Determinar el contenido nutricional de las hojas de la hojarasca colectada en el Matorral Espinoso Tamaulipeco del estado de Nuevo León.

1.3.2. Objetivos particulares

- Estimar mensualmente durante dos años la composición química de las hojas de hojarasca colectada en dos sitios del Estado de Nuevo León.
- Determinar mensualmente durante dos años la digestibilidad *in vitro* de las hojas de hojarasca.
- Comparar el contenido de nutrientes de las hojas de hojarasca con los requerimientos de los pequeños rumiantes y venados cola blanca en diferentes estados fisiológicos.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Diseño experimental



6.2. Localización y descripción de los sitios de estudio

El estudio se llevó a cabo con la utilización de las hojas de hojarasca colectadas durante 2007 y 2008 en dos sitios localizados en el Estado de Nuevo León, México.

El sitio 1 se localiza en el ecotono o transición del bosque mixto de pino-encino y el matorral alto subinerme. Este sitio se ubicó en el ejido “Crucitas”, en el municipio de Linares. Su localización geográfica es 24°46’35” N; 99°41’44” O; a una altitud de 550 msnm. Los tipos de suelo que se pueden identificar corresponden a los Castañozem y Chernozem. La temperatura y precipitación media anual es de 21°C y 755mm, respectivamente (SPP-INEGI 1986).

El sitio 2 Se encuentra dentro del “Campus” Experimental de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en Linares (24°46’43” N y 99°31’39” L; con una altitud de 370msnm). La temperatura media varía entre 14°C en enero a 22°C en agosto. La precipitación anual promedio es de 805mm. Los suelos más comunes que se pueden identificar son Vertisoles y el tipo de vegetación predominante es el Matorral Espinoso Tamaulipeco (SPP-INEGI, 1986 Figura 4).

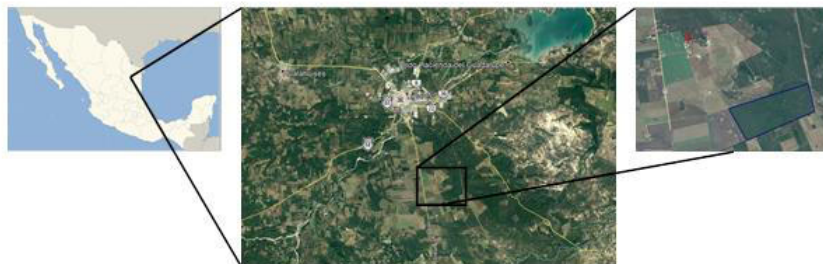


Figura 4. Área de estudio

El principal tipo de vegetación en los sitios de estudio se caracteriza por ser de tipo arbustiva y subarbórea. Siendo las especies más representativas: *Acacia amentácea*, *Castela erecta*, *Celtis pallida*, *Parkinsonia texana*, *Forestiera angustifolia*, *Cordia boissieri*, *Opuntia spp*, *Zanthoxylum fagara*, *Bumelia celastrina*, *Helietta parvifolia* (Domínguez 2013).

6.3 Muestreo de la caída de hojarasca y frecuencia de recolección

Para obtener la hojarasca de los dos años de estudio, se fabricaron trampas con un marco de madera (1.0m x 1.0m) cuyo fondo se recubrió con malla plástica (1.0mm) con el objetivo de permitir la fluidez de agua de lluvia. En cada uno de los sitios de estudio (Campus y Crucitas) se delimitó un área experimental (50m x 50m) y ahí dentro se ubicaron 5 de ellos (repeticiones) a una altura de 50cm sobre el suelo. Posteriormente se separaron las hojas de hojarasca manualmente.

La frecuencia con la que se realizó la recolección de hojarasca fue a intervalos de un mes, iniciando el periodo experimental con la colecta a partir de enero de 2007 y concluyendo diciembre del mismo año. Los colectores se colocaron al azar dentro de cada parcela delimitada en cada sitio y estos permanecieron en el mismo punto durante el periodo de estudio (Figura 5 y 6).



Figuras 5 y 6. Colectores de la hojarasca.

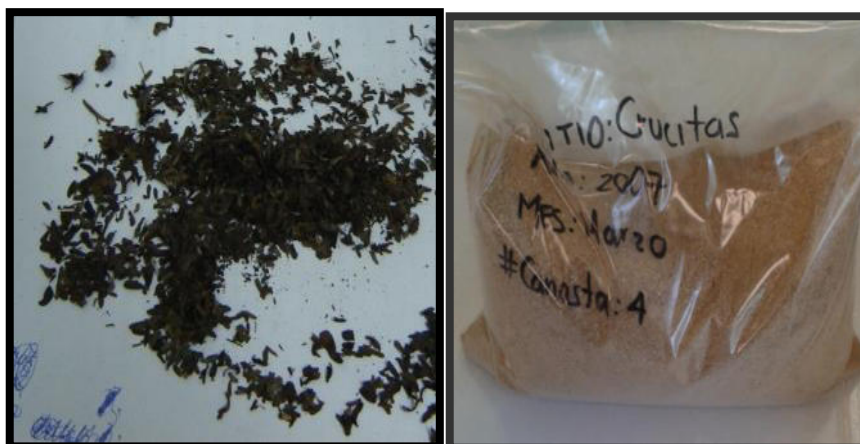


Figura 7. Muestras de Hojarasca

6.3.1 Preparación de muestras

Luego de ser separados los componentes de la hojarasca por repetición, muestreo y sitio de estudio, éstos fueron secados a 65°C durante 72 horas, hasta obtener peso constante en una estufa de aire forzado, para posteriormente, determinar el peso seco (gm^{-2}) depositado por componente o total. A través de la sumatoria de todos los muestreos realizados, por repetición y sitio de estudio, se determinó la deposición anual por componente y total ($\text{Kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Los pesos secos de cada muestra de la hojarasca fueron determinados con el uso de una balanza digital (Marca Sartorius, Modelo C1), con resolución de milésimas de gramo. Una vez que las muestras de hojas fueron secadas, se procesaron en un molino Thomas Willey (Thomas Scientific Apparatus, Modelo 3383) usando una malla No. 60 (1mm x 1mm). El material molido fue recolectado en una bolsa previamente etiquetada.

6.4. Determinación de la composición química

Por triplicado, a las muestras de cada canasta, se le determinó el contenido de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas (AOAC, 1997). La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina detergente ácido (LDA) se determinaron según los procedimientos descritos por Van Soest *et al.* (1991). La hemicelulosa (FDN–FDA) y celulosa (FDA–LDA) se estimaron por diferencia.

6.5. Determinación de la digestibilidad *in vitro*

La calidad nutritiva de los forrajes está en función de la proporción y el nivel de consumo, de la digestibilidad, del contenido de nutrientes y la eficiencia en que estos pueden ser metabolizados y utilizados por los animales (Al Masri 2013). Durante el proceso digestivo, una porción de los carbohidratos estructurales pueden ser hidrolizados, fermentados y degradados por microorganismos ruminales, lo que permite al animal aprovechar los productos finales como los ácidos grasos y el amoníaco principalmente, así como una parte de la proteína dietética; además, parte de los microorganismos ruminales son también el origen de proteínas y aminoácidos que son aprovechadas en el tracto digestivo del rumiante como proteína de origen microbiano (Madibela et al. 2002).

Para establecer el valor nutritivo de los forrajes y para la formulación de raciones para rumiantes el conocimiento de la digestibilidad y la degradabilidad, de los alimentos es sumamente fundamental. Dicha digestibilidad permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento, que tienen potencial de ser absorbidos por el tracto digestivo del rumiante (Ramírez et al. 2000, Domínguez-Gómez et al. 2011).

Así que una vez degradados los nutrientes de los forrajes, la digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo del rumiante por medios *in vitro* (método DaisyII) a causa de la solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales.

La búsqueda para hacer más eficiente, rápido y económico el proceso para estimar la digestibilidad, ha llevado al desarrollo del método *in vitro* de Goering y Van Soest (2011) usando el equipo DaisyII®- Ankom Technology (Stokes et al. 1991), que permite la incubación simultánea de hasta 100 muestras diferentes, distribuidas en cuatro jarras (recipiente de vidrio de 4 l de capacidad), mantiene el calor uniforme y la agitación constante durante el procedimiento de incubación (Adesogan 2005).

La digestibilidad *in vitro* por el método DaisyII® consiste en simular condiciones de incubación muy semejantes a las condiciones *in vivo*, (rumen) de tal manera que el

método incluye la utilización de soluciones compuestas por minerales, fuentes de nitrógeno y agentes reductores que ayudan a la anaerobiosis necesaria. Así, el material que desaparece de las bolsas que contiene las muestras, durante la incubación es considerado material digerible (Mertens 2003).

Las muestras de la dieta fueron pesadas y colocadas dentro de bolsas filtrantes (F57 de ANKOM Inc.). En un recipiente se adicionó 40 ml de un amortiguador preparado previamente, mezclando la saliva McDouglas y el fluido ruminal con la proporción de 4:1. El fluido ruminal fue extraído de tres cabras intactas provistas de cánula ruminal alimentadas a base de alfalfa henificada. La dieta y el amortiguador fueron incubados en el aparato DAISY II con ambiente anaerobio y temperatura controlada (39° C) durante 48 h (Van Soest et al. 1991). Posteriormente, los residuos de la degradación *in situ*, se procesaron en el equipo analizador de fibra Ankom® 2000, para efectuar una extracción con detergente neutro a 100 °C/1 h y poder expresar los datos como degradabilidad o digestibilidad verdadera *in situ* de la materia seca (DVISMS) Grayston y Prescott 2005).



Figura 8. Digestibilidad *in vitro* DAISY II

Los resultados que se obtengan usando el incubador DaisyII® podrán considerarse como estimaciones de la digestibilidad real de los forrajes. Ya que el

residuo que resulte de la incubación *in vitro* (48h), es una mezcla de forraje no digerido con los microorganismos ruminales y su posterior paso por detergente neutro degrada tanto los microorganismos y los restos de contenido celular de los forrajes, de manera que el contenido de pared celular y el tiempo de la degradación de ésta, determina el valor de la digestibilidad *in vitro* (DVIVMS) del substrato (Adesogan 2005).

La técnica DVIVMS utilizando el incubador DaisyII® permite determinar la digestibilidad de forma rápida, precisa y sencilla comparado con los métodos convencionales; tal y como ha sido referenciado por otros trabajos, los resultados obtenidos en el presente trabajo los confirman. Así, la digestibilidad tanto aparente como verdadera medida en el sistema DaisyII® presenta una alta repetibilidad, consistencia y reproducibilidad, dadas las bajas variaciones entre muestras y corridas, haciendo el procedimiento más rápido, sencillo y económico. Es posible estimar la degradabilidad ruminal *in situ* verdadera con base en datos obtenidos *in vitro*.

Después de la incubación las bolsas filtrantes fueron sometidas a un lavado en una solución de FDN por 60 minutos en un digestor de fibra LABCONCO. Después del reflujo en el digestor de fibra, las bolsas fueron lavadas dos veces con agua caliente y una con agua fría, más un lavado con acetona para eliminar los remanentes del detergente, posteriormente el remanente de la bolsa filtrante fue incinerado a 550°C por 4h. La materia orgánica de la muestra incubada menos la materia orgánica calculada del remanente expresada como porcentaje de la materia orgánica de la muestra original fue considerada como la digestibilidad *in vitro* ruminal de la materia orgánica.

6.6 Producción de gas como método para estimar *in vitro* la concentración de carbohidratos fermentables en rumen

Hemos aprendido que el desempeño productivo de los rumiantes está en función del valor nutricional de los componentes de la dieta que consumen. La evaluación del valor nutricional puede realizarse por métodos *in vivo*, *in situ* e *in vitro*; dentro de estos últimos se encuentra la técnica de producción de gases, la cual a diferencia de otras técnicas *in vitro* e *in situ*, no sólo determina la extensión, sino también puede determinar

la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas liberado, directamente como un producto de la fermentación, principalmente cuando se produce mayor proporción molar de acetato y butirato, e indirectamente desde la neutralización del fluido ruminal.

Como en otras técnicas de bioensayo, la técnica de producción de gases emplea sustratos molidos, medio anaeróbico, temperatura de 39°C e inóculo ruminal. La técnica puede medir el volumen de gas a presión atmosférica constante, la presión de gas a un volumen fijo, o hace una combinación de ambos procedimientos; disponiendo para tal efecto de metodologías manuales, semiautomáticas y automáticas. Los perfiles de producción de gas obtenidos pueden ajustarse a diferentes ecuaciones para resumir la información cinética, permitiendo la comparación de los sustratos, la evaluación de diferentes ambientes de fermentación y la obtención de las tasas de fermentación de los constituyentes solubles y estructurales. Si determinaciones gravimétricas son realizadas a determinados intervalos de tiempo, la producción de gas por unidad de materia seca o de materia orgánica puede ser cuantificada.

Dentro de los métodos "in vitro", la técnica de producción de gases nos facilita determinar la extensión y la cinética de degradación del material alimenticio a través del volumen de gas que se produce durante todo el proceso fermentativo (Theodorou et al. 1994). Como ventajas de este método son: cuantificar los compuestos que son solubles del sustrato y como se lleva la fermentación. Y como desventajas son: posee muchas variables que afectan el proceso por mencionar algunos tenemos: el pH del medio, el tipo de sustrato el tampón empleado, tipo de inóculo, la especie animal donador del fluido ruminal y su alimentación, al momento de obtener el fluido. Se ha observado a que los procedimientos gravimétricos no son lo suficientemente sensibles para medir los pequeños cambios que ocurren en el peso del sustrato durante las primeras horas de fermentación por lo que se han tratado de solucionar a través de la técnica de producción de gas es el estudio de las fases tempranas de la fermentación (Rosero 2002).

El método utilizado en este estudio fue el descrito por Menke y Steingass, 1988 el cual utiliza un medio de cultivo que contiene una solución tampón (Na_2HPO_4 y

NaHCO₃, con cantidades más pequeñas de MnCl₂, CaCl₂, CoCl₂ y FeCl₃) el cual se satura con CO₂ a 39 ° C las muestras (500mg) se incubaron en jeringas de vidrio calibradas de 100ml.

A partir de entonces, cuarenta mililitros de una mezcla de fluido ruminal: se añadió tampón de solución en una proporción 1:3 a cada jeringa (Makkar 2003). El fluido ruminal se obtuvo de tres carneros Rambouillet fistulados (60 ± 3,7 kg de peso vivo) alimentados con heno de alfalfa y un concentrado (750:250) a un nivel de energía metabolizable de mantenimiento (ME). Además, se incluyeron dos jeringas blanco que no contiene ningún sustrato en cada tiempo de incubación. Las jeringas fueron colocadas verticalmente en un baño de agua a 39 °C y la producción de gas se registró a las 3, 6, 9, 12, 24 períodos h. Además, el efecto de PEG se estima en la producción de gas *in vitro* mediante la adición de 1 g de PEG (6000), en un conjunto diferente de tres jeringas dentro de la misma corrida de incubación.

Después de las 24H, el material obtenido se centrifugo a 20.000 xg durante 30 min a 4 °C. La fracción sobrenadante se desechó y el sedimento se lavó de nuevo con agua destilada. Este paso se repitió 2 veces para luego ser liofilizado, este se mantuvo en un horno a 55 °C durante 12 horas para eliminar la humedad residual. Los pesos del blanco se calcularon por centrifugación de 3 × 40ml de la mezcla de fluido ruminal: solución tampón a 0 h de incubación. Por último, se analizó el contenido de proteína microbiana en los residuos liofilizados según Makkar (2003). El contenido de EM se calculó a partir de los datos de producción de gas *in vitro* usando la siguiente ecuación (Menke y Steingass 1988):

$$\text{EM (MJ / kg MS)} = 2,20 + 0,136 + 0,057 \text{ GP24h CP} + 0.0029 \text{ EE2}$$

Dónde: GP24h es la producción de gas después de 24 h de incubación (ml gas/200 mg MS); CP es la proteína cruda (g / kg MS), y EE es el extracto etéreo (g / kg MS). El Comité de la Universidad Juárez del Estado de Durango, México, Cuidado de Animales y su uso, aprobó los procedimientos involucrados en este estudio.

La utilización de polietilenglicol (PEG) en las mediciones de volumen de gas

permite la determinación del efecto perjudicial de los taninos, lo que permite una mejor utilización de especies con taninos por las especies de rumiantes (Monforte-Briceño et al. 2005).

La cuantificación del total de fenoles (FT) y taninos (TT) extractables se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteu modificado (Makkar 2003), y los resultados se expresaron como equivalentes (Eat) de ácido tánico (Lab. Merck®). La fracción de taninos condensados extractables (TC) se determinó con el empleo de n-Butanol/HCl/Fe³⁺ (Porter et al. 1986), y los resultados se expresaron como equivalentes de leucocianidinas (Eleu) en base seca.

6.6.1 Predicción de la digestibilidad

Se ha demostrado que la producción de gas está relacionada con la desaparición de la FDN. Nsahlai et al. (1995) encontraron que la relación entre ambos conceptos es lineal, con una pendiente marcadamente constante. Igualmente se ha encontrado una alta correlación entre la producción de gas “*in vitro*” y la disponibilidad del almidón en los granos de cereales (Opatpatanakit et al 1994) encontraron que la producción de gas acumulada en 24 horas estuvo bien correlacionada con la digestibilidad de la MO determinada “*in vivo*”. Finalmente, López (2014) han reportado significativas correlaciones entre la tasa fraccional de desaparición de la MS “*in situ*” y la tasa fraccional de producción de gas.

6.6.2 Predicción de la energía Metabolizable (EM)

El sistema de evaluación de la Universidad de Hohenheim combinó el volumen total de gas después de 24 horas de incubación con valores del análisis proximal, a saber, concentración de proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y cenizas, originando una ecuación (R=0.98) para la predicción del contenido de EM (Williams 2000).

3.6.3 Determinante de los componentes del alimento

Con la técnica de producción de gas podemos determinar exactamente como monosacáridos, pectinas, almidón, celulosa y hemicelulosas proveen energía a los

microorganismos del rumen aunado a esto se logra determinar que componentes son los que inhiben la actividad microbiana (Nsahlai et al. 1995). Algunas plantas tienen factores antinutricionales (como taninos en altas concentraciones) que son liberados durante la fermentación, los cuales se acumulan en el medio de incubación provocando una inhibición de los microorganismos, (Williams 2000).

Adicionalmente, los métodos basados en determinaciones gravimétricas permiten la solubilización de los factores antinutricionales, por lo que ellos son medidos como MS digestible cuando realmente no hicieron ninguna contribución de energía al sistema. Contrariamente, en la técnica de gas, el efecto de estos principios sobre la fermentación ruminal es reflejada precisamente en la menor producción de gas (Nherera et al 1999).

6.6.4 Calidad del alimento

La técnica de producción de gas permite detectar diferencias entre los sustratos generadas por su madurez, condiciones de crecimiento, especie o cultivar y métodos de preservación. Igualmente ha sido usada para determinar diferencias en la fermentabilidad de los residuos de cosecha sometidos a diversos tratamientos químicos o físicos (Williams 2000). La técnica tiene potencial para investigar efectos asociativos entre alimentos (Liu et al. 200). La producción de gas ofrece una herramienta para investigar todas las interacciones a las que se enfrentan las fracciones solubles e insolubles durante el tiempo de la fermentación. Se procede a incubar cada dieta por separado y luego se someten a proceso de fermentación dietas combinadas. En donde se observa resultados de una interacción positiva en la producción de gas en las etapas tempranas de la incubación (Getachew et al. 2005).

6.6.5 Estudio de la cinética de fermentación

La cinética de producción de gas depende de las proporciones de partículas solubles, insolubles pero degradables, y no degradables del alimento (Getachew et al 2005). La sincronización entre la energía y el nitrógeno suplementados en el rumen es una aproximación para mejorar la eficiencia de la fermentación ruminal. Para aplicar

este principio en formulación de alimentos, se necesitan datos sobre las tasas de degradación de las proteínas y de fermentación de los carbohidratos. Las técnicas de producción acumulativa de gas pueden ser usadas para generar esta información. La producción de gas podría también ser potencialmente usada para comparar la cinética de fermentación desde el rumen o el intestino grueso de diferentes especies y/o del resultado de diferentes dietas (Williams 2000).

6.6.6 Predicción del consumo

La técnica de producción de gas ha sido usada como un indicador del consumo de MS digestible en dietas del rumiante y también como una referencia de la degradación de los alimentos en el rumen (Liu et al. 2003). De hecho, la tasa fraccional de degradación ha sido un medio para predecir el consumo voluntario de forrajes por los rumiantes (López et al. 2014). Cuando el estudio inicia desde la FDN se observa una mejor correlación con el consumo voluntario y no a partir de fermentaciones utilizando todo el forraje entero, ya que si el animal consume los componentes de la pared celular completa le provocara una distensión inminente del rumen (Rosero 2002).

6.6.7 Análisis estadísticos

Los datos de composición química, y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, se analizarán estadísticamente mediante un diseño completamente al azar con un arreglo bi-factorial incluyendo los efectos de los dos sitios (Crucitas y Campus), y los meses del año y las dobles interacciones (Montgomery 2004). Asimismo, se realizarán análisis de correlación Pearson entre la composición química y la digestibilidad *in vitro*. Todos los análisis estadísticos se realizarán con el paquete computacional SPSS de Windows versión 13 (SPSS 2004).

7. RESULTADOS

7.1 Contenido químico año de estudio 2007

El contenido de cenizas en muestras de hojas de hojarasca en otoño fue significativamente diferente entre sitios y entre los meses y el sitio de interacción * mes también fue significativa (Tabla 2). Las muestras en el sitio 2 tuvieron mayor contenido de cenizas que el sitio 1. En general, durante los meses de invierno (diciembre, enero y marzo), en ambos sitios, cuando la deposición de hojarasca fue mayor (González-Rodríguez et al. , 2011), el contenido de ceniza también fue mayor .Los valores más bajos de ceniza se registraron en el sitio 1 durante mayo , septiembre y octubre (Tabla 2) El FDN y sus componentes (fibra detergente ácido , lignina , celulosa y hemicelulosa) en muestras de hojarasca fueron significativamente diferentes entre los sitios y entre meses y la interacción en cada caso también fueron significativos (Tabla 2) .En general , el contenido de FDN, FDA y lignina fueron más altas en el sitio 1 que en el sitio 2 . Durante el invierno y secos meses (enero a lo largo de junio), en ambos sitios, los valores de FDN, FDA y lignina fueron mayores que en otros meses del año. El contenido de celulosa fue menor entre noviembre y febrero que de marzo a junio. El contenido de hemicelulosa fue mayor en los meses de junio y julio que en otros meses.

Sitios	Meses	Cenizas, %	FDN (om), %	FDA (om), %	Lignina (sa), %	Cellulosa, %	Hemicelulosa , %
Sitio 1	Enero	10.2	40.4	28.5	20.0	8.5	11.9
	Febrero	11.9	44.4	32.0	25.0	7.0	12.4
	Marzo	5.8	45.4	33.1	24.8	8.3	12.3
	Abril	11.3	47.5	36.3	22.8	13.5	11.2
	Mayo	4.2	46.6	35.3	21.7	13.6	11.3
	Junio	9.8	45.6	32.2	21.0	11.2	13.4
	Julio	7.9	37.2	20.1	11.8	8.3	17.2
	Agosto	9.3	36.8	26.7	12.7	14.0	10.1
	Sept	4.6	33.4	22.6	15.6	7.0	10.8
	Octubre	5.9	43.4	31.0	23.2	7.8	12.4
	Nov	9.3	42.8	32.0	25.1	6.9	10.8
	Dic	9.4	33.3	21.4	16.1	5.2	12.0
Media	sitio 1	8.0	44.1	32.3	22.4	9.9	11.8
Sitio 2	Enero	14.1	42.0	29.7	21.8	7.9	12.3
	Febrero	16.1	44.6	32.9	25.2	7.7	11.7
	Marzo	18.0	42.2	31.3	20.8	10.5	10.9

	Abril	17.2	43.7	32.3	23.5	8.8	11.4
	Mayo	17.1	43.4	33.1	20.7	12.4	10.3
	Junio	16.4	43.5	31.4	22.0	9.5	12.1
	Julio	16.2	40.0	22.9	18.4	4.6	17.0
	Agosto	15.2	31.8	21.6	15.8	5.8	10.2
	Sept	16.2	37.1	26.0	19.6	6.4	11.1
	Oct	14.2	43.2	31.1	21.0	10.1	12.1
	Nov	15.1	39.8	28.5	23.0	5.6	11.3
	Dic	15.6	30.3	19.6	13.9	5.6	10.7
	Media sitio 2	16.0	40.1	25.3	18.0	7.3	12.1
	Gran media	12.0	40.8	28.8	20.2	8.6	11.9
	S	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
	E						
	M						
Efectos	Sitio (A)		***	***	***	***	*
	Meses (B)		***	***	***	***	***
	*						
	AxB		***	***	***	***	***
	**		*				

Tabla 2. Composición química de las muestras de caída de hojarasca del matorral espinoso Tamaulipeco en el estado de Nuevo León, México. SEM = error estándar de la media. * (P<0,05); ** (P<0,01); *** (P<0,001).

El contenido de proteína cruda en las hojas de las muestras de hojarasca fue significativamente diferente entre sitios y entre los meses la interacción sitio * mes también fue significativa (Tabla 3). El sitio 2 tuvo mayor contenido de PC que el sitio 1. En general, en ambos sitios, durante los meses de invierno, cuando la caída de hojarasca fue mayor (González-Rodríguez et al. 2011), el contenido de PC fue también mayor que en otros meses. El contenido de TC más baja que 14 g / kg se registró durante todos los meses en ambos sitios. La fracción de EE fue significativamente diferente entre sitios y entre meses y la interacción sitio * meses también fue significativa (Tabla 3).

Contenidos mayores de EE se registraron en invierno y primavera que en otras estaciones del año. El DIVMO fue significativamente diferente entre los meses y entre los sitios y la interacción sitios* meses también fue significativa (Tabla 3). El sitio 2 presentó valores más altos de DIVMO en comparación con el sitio 1. Las muestras en los meses húmedos (julio, agosto y septiembre) tuvieron valores más altos que otros meses.

Sitios	Meses	PC, %	TC, %	EE, %	DIVMO, %
Sitio 1	Enero	11.9	0.9	3.4	64.8
	Febrero	11.3	1.0	3.9	65.9
	Marzo	8.1	0.6	2.9	60.8
	Abril	10.5	0.4	2.0	55.1
	Mayo	12.8	0.5	2.3	53.6
	Junio	11.5	0.8	2.4	63.9
	Julio	11.3	0.3	2.8	66.3
	Agosto	10.6	1.3	2.1	71.3
	Sept	11.4	0.1	2.4	67.7
	Octubre	11.0	0.3	1.8	56.1
	Nov	10.9	0.3	2.4	50.5
	Dic	9.2	0.4	2.2	69.1
Media sitio 1		10.9	0.8	2.6	62.0
Sitio 2	Enero	13.1	0.9	5.3	62.7
	Febrero	13.1	0.7	3.5	65.2
	Marzo	11.1	0.6	3.4	65.4
	Abril	12.6	0.9	3.6	61.9
	Mayo	12.6	1.0	3.3	61.5
	Junio	11.9	1.0	2.6	59.3
	Julio	12.2	0.6	3.2	67.0
	Agosto	12.5	0.1	3.2	75.1
	Sept	11.6	0.1	3.5	69.0
	Oct	11.8	0.5	3.1	60.4
	Nov	11.3	1.1	2.3	52.3
	Dic	11.2	0.4	2.6	65.4
Media sitio 2		12.1		3.3	64.0
Gran media		11.5	0.6	2.9	63.0
SEM			0.02	0.1	0.5
Efectos	Sitio (A)		***	*	*
	Meses (B)		***	***	***
	AxB		*	***	*

Tabla 3. Medias de proteína cruda (PC), taninos condensados (TC), extracto etéreo (EE) y digestibilidad in vitro de materia orgánica (DIVMO) de muestras de caída de hojarasca del matorral espinoso Tamaulipeco en el estado de Nuevo León, México. SEM = error estándar de la media. * (P<0,05); ** (P<0,01); *** (P<0,001)

7.2 Parámetros de producción de gas in vitro 2007

En la producción de gas in vitro, EM y contenidos PM en las muestras de hoja de hojarasca en ausencia o presencia de PEG, no fueron significativamente diferentes entre los sitios, sin embargo, variaciones significativas se registraron entre los meses (Tabla 4). Durante los meses de primavera (abril, mayo y junio), el sitio 1 obtuvo valores más altos que en otros meses. Sin embargo, el sitio 2, en los meses de verano (julio, agosto y

septiembre), tuvo valores más altos que en otros meses. Todas las muestras tratadas con PEG tenían significativamente una mayor producción de gas *in vitro* que en muestras sin PEG. Se observaron respuestas similares para el EM y PM (tabla 5).

		PEG	+PEG	-PEG	+PEG	-PEG	+PEG
Sitio 1	Enero	61.1	69.1	11.2	12.2	9.0	11.9
	Febrero	50.3	57.4	9.7	10.2	8.6	9.3
	Marzo	57.2	65.3	10.4	11.5	7.9	8.9
	Abril	46.5	51.5	9.2	9.7	14.9	15.4
	Mayo	67.1	74.3	11.9	13.2	15.2	19.0
	Junio	51.0	55.1	9.8	10.3	13.3	18.5
	Julio	58.2	66.2	10.8	11.8	13.9	14.8
	Agosto	58.4	63.4	10.5	11.9	11.5	12.4
	Sept	50.2	56.2	9.6	10.1	9.5	12.4
	Oct	47.3	51.0	9.2	10.4	11.5	14.9
	Nov	53.4	56.0	10.0	10.5	10.4	13.2
	Dic	46.5	52.4	9.0	10.6	11.6	13.2
Media sitio 1		54.2	58.3	10.1	11.0	11.4	13.7
Sitio 2	Enero	56.1	59.3	10.7	11.0	10.1	11.4
	Febrero	42.2	52.4	8.6	10.1	11.5	12.9
	Marzo	45.3	56.0	9.0	10.5	10.4	12.6
	Abril	55.4	66.1	10.4	11.8	12.1	14.2
	Mayo	50.0	56.1	9.0	10.6	12.6	13.4
	Junio	56.1	59.0	10.5	10.9	8.4	8.7
	Julio	47.0	53.2	9.3	10.4	12.5	15.7
	Agosto	64.2	76.2	11.5	13.3	14.5	19.5
	Sept	47.3	54.1	8.6	8.7	12.7	18.5
	Oct	52.1	57.2	9.4	10.0	10.6	13.1
	Nov	54.2	58.4	9.2	10.8	11.1	13.5
	Dic	55.2	59.5	9.1	10.7	11.4	13.1
Media sitio 2		52.1	59.3	9.6	10.7	11.5	13.9
Gran media		53.2	59.1	9.9	10.9	11.5	13.8
SEM		1.2	1.1	0.3	0.2	0.3	0.3
Efectos	Sitio (A)		NS		NS		NS
	Meses (B)		***		***		***
	AxB		*		**		***

Tabla 4. Producción de gas *in vitro* a las 24 h de tiempo de incubación (Pgas 24h), energía metabolizable (EM) y proteína microbiana de muestras de hojarasca tratadas con o sin polietilenglicol (PEG). NS = no significativo; * (P<0.05); ** (P<0.01); *** (P<0,001).

	Pgas24h (ml/200 mg)	EM (MJ/kg MS)	Proteína Microbiana (μmol)
Muestras sin PEG	53.2 ^b	9.9 ^b	11.5 ^b
Muestras con PEG	59.1 ^a	10.9 ^a	13.8 ^a
Media	56.1	10.4	12.7
SEM	1.1	0.2	0.3

Tabla 5. Efectos del polietilenglicol (PEG) sobre la producción de gas *in vitro* a las 24 h de incubación (Pgas 24 h), energía metabolizable (EM) y proteína microbiana de las muestras de hojarasca tratadas con o sin polietilenglicol (PEG). Las medias en una columna con superíndices de letras diferentes son diferentes ($P < 0.01$); SEM = error estándar de la media.

7.3 Contenido químico: año de estudio 2008

El contenido de ceniza (excepto para el sitio de interacción *mes) fue significativamente diferente entre sitios y meses (Tabla 6).

Las muestras en el sitio de Crucitas tenían un mayor contenido de cenizas (13,6 vs 10%) que en el sitio del campus. Desde los meses de finales de verano hasta finales de invierno, el contenido de cenizas fue mayor en el sitio de Crucitas (15%), mientras que en el sitio del campus se registraron valores más altos a principios de invierno, mediados de verano y finales de otoño (11%). Las fracciones de fibra (FDN, FDA, LDA, celulosa y hemicelulosa incluidas) fueron significativamente diferentes entre sitios y entre meses y la interacción sitio * mes también fue significativa (Tabla 6).

Las fracciones de fibra (FDN, FDA, LDA, celulosa y hemicelulosa incluidas) fueron significativamente diferentes entre sitios y entre meses y la interacción sitio * mes también fue significativa (Tabla 6). El contenido de NDF de la basura fue mayor en el sitio del campus (42 frente al 33%) que en el sitio de Crucitas. En relación a los meses, de enero a diciembre, se registraron valores más altos en el campus excepto en agosto. El resto de componentes del FDN (FDA, LDA, celulosa y hemicelulosa) tuvieron el mismo patrón.

Sitios		Cenizas	FDN	FDA	LDA	Cellulosa	Hem
Crucitas	Enero	15.0	29.4	19.1	8.0	11.2	10.3
	Febrero	14.7	31.7	19.2	8.3	10.9	12.5
	Marzo	12.0	30.6	22.0	10.4	11.7	8.8
	Abril	13.1	25.2	16.3	6.8	9.5	8.9
	Mayo	12.4	25.8	17.4	7.0	10.4	8.1
	Junio	12.9	27.7	19.4	9.0	10.4	8.4
	Julio	13.0	34.9	23.9	10.0	13.9	11.0
	Agosto	12.2	40.5	27.7	12.6	15.1	12.8
	Septiembre	14.1	40.9	29.4	14.2	15.2	11.4
	Octubre	14.3	38.9	30.2	13.6	16.6	8.7
	Noviembre	14.1	35.2	25.7	11.1	14.5	9.5
	Diciembre	16.0	35.6	25.0	12.6	12.4	10.5
Media sitio		13.7	33.0	22.9	10.3	12.7	10.1
Campus	Enero	10.8	41.6	29.4	14.7	14.7	12.2
	Febrero	10.9	45.8	32.8	17.4	15.4	12.9
	Marzo	9.5	41.9	29.9	11.5	18.5	11.7
	Abril	10.3	43.3	30.6	12.8	17.8	12.6
	Mayo	8.3	43.1	30.2	14.7	15.5	12.9
	Junio	9.3	39.5	27.9	12.4	15.5	11.6
	Julio	10.1	40.7	28.8	13.3	15.6	11.9
	Agosto	11.0	39.3	27.7	14.0	13.6	11.6
	Septiembre	9.2	43.3	30.9	15.6	15.3	12.4
	Octubre	10.3	40.5	27.1	11.4	15.7	13.4
	Noviembre	9.4	40.7	27.0	12.0	15.0	13.7
	Diciembre	10.8	40.3	26.4	12.7	14.7	13.8
Media sitio		10.0	41.7	29.1	13.5	15.6	12.6
Media Total		11.8	37.3	26.0	11.8	14.1	11.3
SEM		0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
		Probabilidad					
Efectos	Sitios (A)	***	***	***	***	***	***
	Meses (B)	*	***	***	***	***	***
A x B		NS	***	***	***	***	***

Tabla 6. Medias mensuales de la composición química (% de materia seca) de las muestras de hojarasca

SEM = error estándar de la media; FDN = fibra detergente neutra; FDA = fibra de detergente ácido; LDA = lignina detergente ácido; Hem = hemicelulosa; * (P <0,05); *** (P <0,001); NS = no significativo1.

El valor de la PC encontrada en la hojarasca, en el sitio Crucitas con un valor de 13,4 y en el sitio Campus 9,2%, permaneciendo más alto en todo el año sin contar el mes de enero. La interacción sitio * mes fue igualmente significativa ya que el PC fue diferente entre los dos sitios y entre todos los meses (Tabla 7). Y al final de la primavera se observó los índices más altos de PC, así como en meses de verano (julio a septiembre), cuando se presenta más lluvia en el área estudiada.

El contenido de EE se vio afectado significativamente por los sitios y entre meses y la interacción sitio * mes también fue significativa (Tabla 6). El contenido de EE fue mayor en el sitio del Campus (3.7 vs 3.2) que en el sitio de Crucitas. Es importante notar los sucesivos aumentos y disminuciones mensuales en el contenido de EE de febrero a agosto en ambos sitios.

7.4 Digestibilidad verdadera in vitro 2008

El contenido de DVIVMO (Tabla 7) y ME (Tabla 8) se vio afectado por los factores estudiados, así como por la doble interacción (Tabla 8). El DVIVMO fue mayor en el sitio de Crucitas (74 vs. 62%) que, en el sitio del Campus, excepto en septiembre. En el sitio de Crucitas, se registró una disminución progresiva de enero a septiembre (de 82 a 60%) del DVIVMO; por el contrario, no se observaron variaciones importantes a lo largo del año en la sede del Campus (rango de 57 a 64%).

El sitio de Crucitas tuvo EM más alto (11,5 vs 9,5 Mj / kg de MS) en comparación con el sitio del Campus. Dado que el contenido de DVIVMO y EM están estrecha y positivamente relacionados, el contenido de EM de la hojarasca experimenta la misma tendencia mensual que el DVIVMO.

Sitios	Meses	PC	EE	DIVMO
Crucitas	Enero	9.0	4.4	81.9
	Febrero	10.8	2.9	77.4
	Marzo	12.0	4.0	78.6
	Abril	11.0	2.5	84.3
	Mayo	14.3	3.9	75.0
	Junio	16.9	2.3	79.6
	Julio	14.9	4.0	76.0
	Agosto	13.7	2.3	67.4
	Septiembre	14.1	5.5	60.0
	Octubre	14.3	2.6	65.0
	Noviembre	14.4	2.4	71.5
	Diciembre	15.1	2.6	71.4
Media sitio		13.6	3.3	74.0
Campus	Enero	10.8	3.1	61.3
	Febrero	8.3	3.2	57.3
	Marzo	8.2	4.1	58.2
	Abril	6.9	3.2	58.5

	Mayo	12.2	4.9	60.4
	Junio	7.6	3.3	64.9
	Julio	9.1	4.6	64.5
	Agosto	11.9	3.3	64.3
	Septiembre	9.1	3.8	61.5
	Octubre	8.9	3.4	62.1
	Noviembre	8.7	4.6	64.4
	Diciembre	9.2	3.8	64.6
Media sitio		9.2	3.7	61.8
MediaTotal		11.3	3.5	67.9
SEM		0.2	0.1	0.5
		Probabilidad		
Efectos	Sitios (A)	***	***	***
	Meses (B)	***	***	***
	A x B	***	***	***

Tabla 7. Contenido mensual de proteína cruda (PC, % MS), extracto etéreo (EE, % MS) y digestibilidad *in vitro* de materia orgánica (DVIVMO, % MS) de muestras de hojarasca. SEM = error estándar de la media; * (P <0,001).**

7.5 Parámetros de fermentación

Los valores de GP24h y MP en todas las muestras fueron significativamente diferentes entre los sitios y entre los meses, y la doble interacción fue significativa (Tabla 8). El sitio de Crucitas tuvo GP24h más alto (65 vs 50 ml / 200 mg) que el sitio del Campus. Parece que el GP24h disminuyó de enero a septiembre en el sitio de Crucitas, mientras que en el sitio campus se mantiene relativamente estable durante todo el año. Los valores de MP fueron más altos en el sitio Crucitas (5.9 vs 5.4 μ mol) en comparación con el sitio Campus. Se registraron valores más altos de MP en el sitio Crucitas durante el invierno (de enero a marzo), al inicio de la primavera (abril) y en la temporada de otoño (noviembre y diciembre).

En el sitio de Crucitas, la relación fue de 39,7% y 13,6% (ratio = 2,9), mientras que en el sitio de Campus fue de 38,1% y 9,2% (ratio = 4,1), respectivamente. De esta manera, se acepta comúnmente que la fermentación máxima se logra cuando los forrajes o las dietas contienen 37% o más de FSC (Stokes et al., 1991; NRC, 2001).

Sitios	Meses	PG _{24h}	EM	PM
Crucitas	Enero	76	13.1	7.6
	Febrero	70	12.4	8.1
	Marzo	78	13.4	6.7
	Abril	89	13.5	9.7
	Mayo	68	9.9	5.6
	Junio	70	12.2	3.7
	Julio	71	12.3	6.0
	Agosto	53	12.4	6.7
	Septiembre	44	8.8	5.7
	Octubre	52	9.8	4.0
	Noviembre	59	10.8	3.5
	Diciembre	52	9.9	4.4
Media sitio		65.2	11.5	6.0
Sitios	Meses	PG _{24h}	EM	PM
Campus	Enero	45	9.0	5.9
	Febrero	44	8.7	5.3
	Marzo	50	9.5	6.2
	Abril	46	8.0	6.2
	Mayo	50	9.7	5.9
	Junio	59	10.8	6.6
	Julio	57	10.5	6.1
	Agosto	54	10.0	5.3
	Septiembre	52	9.8	7.3
	Octubre	53	10.0	4.3
	Noviembre	50	9.5	2.4
	Diciembre	44	8.8	4.0
Media sitio		50.3	9.5	5.5
Media Total		58	10.6	5.9
SEM		0.9	0.1	0.1
		Probabilidad		
Efectos	Sitio (A)	***	***	***
	Meses (B)	***	***	***
	A x B	***	***	***

Tabla 8. Medias mensuales de producción de gas *in vitro* (GP 24h, ml / 200 mg), energía Metabolizable (ME, MJ / kg) y proteína microbiana (PM, μ mol) de muestras de hojarasca. SEM = error estándar de la media; *** ($P \leq 0,001$)

8. DISCUSIÓN

8.1 Contenido químico 2007

Los valores de cenizas registrados en este estudio representan el nivel de minerales en una alimentación que contiene principalmente Ca y K (Ramírez et al. 2010) y se encontraban dentro del rango de 5-18% en Kasemi et al (2012) y 6-19% en Domínguez-Gómez et al (2011) para las especies arbustivas en diferentes partes del mundo. Por el contrario, Özaslan-Parlak et al. (2011) reportaron valores más bajos en seis arbustos mediterráneos recogidos en el oeste de Turquía. Dependiendo de la etapa de madurez de las plantas, parte de la plantas o especies vegetales, el contenido de FDN varía entre 250-800 g / kg de forraje de materia seca (MS; Mertens 2003). En este estudio, el contenido de FDN varió de un valor bajo de 303 a 475 g / kg de MS, y fueron menores en los meses húmedos que en los meses secos. Valores bajos de FDN (media = 392 g / kg MS) fueron reportados por Ávila et al (2007) en las hojas de hojarasca de 40 árboles nativos recogidos durante la estación seca, en Michoacán, México. Por otra parte, Smith et al (2009) documentaron valores bajos de FDN en hojas de hojarasca de árboles de álamo (36,2 %) y roble (39,9 %).

Kennedy y Lowry (2002) observaron los cambios en la presión del gas y FDN de las hojas de hojarasca de los árboles del norte de Australia: *Albizialebeck*, *Gmelinaarborea*, *Tipuanatipu*, y *Bauhinia carronii*, e informaron que las hojas de hojarasca de los árboles en la estación seca pueden proporcionar una nutrición suplementaria para el ganado. Por lo tanto, los valores de FDN encontrados en este estudio son suficientes para el mantenimiento de la función del rumen, para estimular la masticación, rumia y establecer el pH ruminal óptimo que puede permitir la fermentación ruminal adecuada (Beauchemin y Yang 2005) Además, durante los meses húmedos la FDN disminuyó, los rumiantes podrían consumir más hojarasca ya que se ha demostrado que el FDN se correlaciona negativamente con el consumo de materia seca (Mertens 2003). Además, todas las muestras en este estudio contenían por debajo de 450

g / kg de FDN de la MS y esto les califica como forrajes de buena calidad, ya que alimentos fibrosos con FDN de menos de 450 g / kg de MS son clasificados como alimentos de alta calidad (Van Soest, 1994).

La proporción relativa de los tejidos y órganos lignificados típicamente aumenta a medida que la planta madura, porque los procesos de las plantas responden a los factores ambientales que pueden afectar el alcance y el impacto de la lignificación (NRC, 2007). Además, la temperatura, la humedad del suelo, la luz y la fertilidad del suelo pueden afectar directa o indirectamente en la lignificación (Van Soest, 1994). En este estudio, la lignina fue alta y variada 118-252 g / kg MS siendo menor en meses húmedos que en los meses secos. Un contenido alto en la lignina tiene implicaciones serias sobre la digestibilidad de los forrajes (Mertens 2003). Sin embargo, la lignina sólo tiene importancia para digestión de la FDN, la lignina no afecta directamente la digestibilidad de la célula vegetal soluble. La razón de por qué la digestibilidad de la MS se correlaciona negativamente con la concentración de lignina se debe a la concentración de lignina siempre aumenta a medida que se eleva la concentración de FDN, y las paredes celulares de forraje siempre son menos digestibles que contenido celular (Moore y Jung 2001). En este estudio, en general, células solubles (100 - FDN) fueron altas y variadas desde 525 hasta 697 g / kg de MS.

La celulosa y la hemicelulosa en los forrajes representan las principales fuentes de energía para los rumiantes (Van Soest, 1994), sin embargo, en este estudio, en todas las muestras, ambas entidades resultaron menor que el contenido de lignina que se unen polisacáridos de la pared celular y restringe el acceso de microbios durante la digestión (Van Soest, 1994). Ramírez et al. (2012) también reportaron altos contenidos de lignina y bajo contenido de celulosa y hemicelulosa en arbustos como *Acacia amentacea*, *Acacia berlandieri*, *Bumelia celastrina*, *Castela texana*, *frutescens* y *Prosopis glandulosa Leucophyllum* que son componentes importantes de las muestras de hojarasca en este estudio (Domínguez-Gómez et al. 2011).

A pesar de que, las variaciones de precipitación pluvial en el noreste de México

tienen una influencia directa en la calidad y cantidad de los forrajes nativos (Ramírez 1999) estas muestras evaluadas tienen contenidos de PC que mantenían o excedieron los requisitos de mantenimiento para cabras y ovejas adultos (70 a 80 g / kg MS, NRC, 2007) para la obtención de la masa corporal y el crecimiento de la cornamenta de venado cola blanca (80 a 90 g / kg en invierno y 100 g / kg MS durante el verano; NRC, 2007). Ávila al (2007) reportaron valores de proteína cruda (promedio de 100 g / kg MS) en las hojas de hojarasca de 40 especies, el 77,5% de las especies tenían valores por encima del 8%.

Se sabe que el consumo de grandes cantidades de TC reduce la ingestión y la digestibilidad de nutrientes, mientras que el consumo de cantidades pequeñas o moderadas puede mejorar la digestión (Waghorn y McNabb 2003), debido principalmente a una reducción en la degradación de la proteína en el rumen y, por lo tanto, esto conduce a una mayor disponibilidad de aminoácidos que son propensos a ser absorbidos en el intestino delgado. En el presente estudio, se encontró un contenido relativamente bajo de TC en todas las muestras indicaría que la TC en estas plantas no afectaría en gran medida el consumo o la digestión. Además, Campbell y Hewitt (2000) encontraron que los compuestos secundarios de las dietas en el sur de Texas no afectaron crecimiento de las astas de los ciervos o su composición.

Acero et al (2010) explicaron que los rumiantes en pastoreo utilizan hojarasca como recurso de alimentación debido a su alto valor nutritivo. Sin embargo, el suministro de energía para los rumiantes suele ser en gran medida una función de la digestibilidad de los carbohidratos (FDN) y la eficiencia con que se utiliza EM (NRC, 2007). En este estudio, las variaciones temporales en DVIVMO en las muestras pueden ser en parte un reflejo de las diferencias en su composición química (Estell et al. 2012) y las diferencias espaciales podrían responsables de la composición de las especies de cada sitio (González - Rodríguez et al. 2011).

La baja DVIVMO de muestras de hojas de hojarasca en los meses secos podría estar relacionado con su contenido relativamente altas de FDN, FDA y lignina, mientras que el alto de DVIVMO en los meses húmedos podrían estar asociados con el contenido

relativamente bajo de FDN, FDA y lignina. Los valores DVIVMO descritos en este estudio son comparables con estudios previos (Melaku et al. 2010; Acero et al. 2010) de especies arbustivas.

8.2 Parámetros de producción de gas in vitro 2007

Las diferencias en la producción de gas en 24 horas de incubación entre las muestras con o sin PEG reflejan las diferencias observadas en ceniza, lignina, ADF y contenidos de FDN (Tabla 1). También podría estar relacionado, pero en menor medida, a las diferencias en el contenido de TC en el forraje (Waghorn y McNabb 2003), así como las diferencias en los polisacáridos de la pared celular y su efecto en la fijación microbiana y la colonización de las partículas de digerir (Van Soest, 1994).

De acuerdo con nuestros resultados, Guerrero et al (2012) reportaron diferencias significativas en la producción de gas a las 24 h entre siete arbustos, en el norte de México, tratados con o sin PEG. En este estudio, la mayor producción de gas de todas las muestras con PEG en comparación con su contraparte demuestra la afinidad de PEG para unirse taninos (Guerrero et al, 2012).

Según los informes de Salem et al. (2007) El aumento de la producción de gas en presencia de PEG es fomentada gracias a una mayor disponibilidad de nutrientes para los microorganismos del ambiente ruminal, específicamente el N que se encuentra disponible y a los carbohidratos no estructurales.

En este estudio, la adición de PEG produjo un aumento de valores de EM, que está de acuerdo con Salem et al (2007) y con Guerrero et al. (2012), quienes indicaron que el PEG aumentó el contenido de EM del follaje de siete arbustos. Por otra parte, los niveles de ME de las hojas de hojarasca sin PEG cubren los requerimientos para el mantenimiento de las ovejas (8,4 MJ / kg MS) y producción de carne (8,0 MJ / kg MS) al inicio de la gestación con un feto único (NRC 2007), y las hojas de hojarasca tratadas con PEG para el mantenimiento de venado cola blanca (10,5 MJ / kg MS) al inicio de la gestación de un solo feto (NRC, 2007). Además, los resultados de las muestras sin PEG indican que pueden ser útiles como fuente de energía en el período seco de venado cola

blanca. Las diferencias en EM reflejan variación, en parte, en el contenido de N entre ellos (Van Soest, 1994), por lo tanto, en este estudio, las pequeñas diferencias en el EM entre los sitios podrían ser ya que el contenido de N en las muestras de hojas de la hojarasca de otoño fue muy similar.

El contenido de purinas se considera como un indicador del rendimiento de proteína microbiana (Getachew et al. 2000). En este estudio, las concentraciones de purinas en las muestras fueron más altas que los reportados previamente en herbáceas nativas (Guerrero et al. 2010) y en muestras de trébol, la alfalfa o el rastrojo de maíz (Blummel et al. 2003). Esto puede sugerir que las muestras evaluadas se pueden utilizar de manera más eficiente por los rumiantes, ya que la eficiencia de la síntesis de proteína microbiana representa un uso eficiente del contenido de N y C en la alimentación (Van Soest, 1994).

Las muestras de hojas de hojarasca evaluadas presentaron valores altos DIVMO posiblemente porque cuando se fermentaron, la proteína microbiana fue sintetizada de manera eficiente. Estos datos sugieren que la producción de proteína microbiana es sensible al nivel y la calidad de la energía y la proteína disponible y que el efecto inhibitorio de los TC es más cuando la disponibilidad de nutrientes es limitada. Hess et al. (2003) observaron que la administración de suplementos de proteína o azúcares degradables por los microbios del rumen para hacer frente mejor a las limitaciones impuestas por el alto contenido de los TC. Los posibles altos niveles de carbohidratos solubles en este estudio pueden haber promovido el rápido crecimiento de los grupos microbianos tolerantes de los compuestos tóxicos.

También es posible que hubiera N adecuado para la síntesis de proteína microbiana después de que el PEG se uniera a la mayor parte de los taninos condensados. Además, la mejora de la producción microbiana con adición de PEG es probablemente debido a la activación de los taninos y el aumento de la disponibilidad de nutrientes en muestras de hojas de hojarasca, así como debido a una sincronización de la fermentación de nutrientes, a los microbios del rumen (Makkar, 2003).

Los datos encontrados por Bento et al. (2005), confirman que al tratar con PEG alimentos ricos en taninos condensados e hidrolizables se produce un aumento en la incorporación N15 en la biomasa microbiana. En otras palabras, al utilizar el PEG hay una mejora y un aumento en la producción de biomasa microbiana.

8.3 Contenido químico año de estudio 2008

Los valores de ceniza se encuentran dentro del rango reportado por otros autores que evaluaron la caída de hojarasca en el MET (López et al. 2013) y en el Matorral Desértico Micrófilo (González-Rodríguez et al. 2013). El FDN en el forraje puede variar del 25 al 80% (Mertens 2003). En este estudio, el FDN varió del 25 al 46%. Ramírez et al (2000) reportaron valores similares en forrajes nativos recolectados en el noreste de México durante la temporada de lluvias. El contenido de FDN tiene implicaciones relevantes en la funcionalidad del rumen. Así, los valores de esta variable son adecuados para estimular la masticación, la actividad ruminal y establecer un pH óptimo para pequeños rumiantes (Zhao et al. 2011); resultando en un mejor ambiente para la digestión de forrajes en el rumen.

Las diferencias en el contenido de PC de forraje pueden deberse a características inherentes de cada especie relacionadas con su capacidad para extraer y acumular nutrientes (Camacho et al. 2010; Safari et al. 2011) en sitios de diferente naturaleza. En general, la mayoría de las muestras tenían valores de PC que satisfacen y, en algunos meses, excedieron (por ejemplo, en el sitio de Crucitas) los requisitos de mantenimiento y aumento de peso en pequeños rumiantes de rango adulto (7-12%; NRC, 2007; Yang et al. 2014). Parece que las diferencias en la composición química entre sitios pueden estar relacionadas con diferencias en la composición botánica entre sitios, y las diferencias entre meses pueden estar relacionadas con cambios en las condiciones climáticas ocurridas en la región (González-Rodríguez et al. 2011).

8.4 Digestibilidad verdadera *in vitro*

En el sitio de Crucitas, se registró una disminución progresiva de enero a

septiembre (de 82 a 60%) del IVTOMD; por el contrario, no se observaron variaciones importantes a lo largo del año en la sede del Campus (rango de 57 a 64%). Al-Masri (2011), quien estudió cinco arbustos perennes nativos tolerantes a la sequía que crecen naturalmente en el semidesierto sureste de Siria, informó rangos de DVIVMO similares (48-70%). Además, Alicata et al. (2002) también encontraron valores comparables (53-66%) para *Atriplex halimus*. Jung y Allen (1995) sugirieron que la calidad de los alimentos depende principalmente de la digestibilidad y el contenido de EM; en este sentido, los valores de DIVMO y consecuentemente EM, son superiores (10.6 vs 8.2 MJ ME / kg MS; NRC, 2007) que los requeridos para garantizar el buen desempeño de los pequeños rumiantes de rango.

Al-Masri (2011) informó un valor de EM similar en *C. spinosa* (9,1 MJ EM / kg MS). En este estudio, a pesar de que las fracciones de fibra no se correlacionaron significativamente con el DIVMO y EM, en general, las muestras que tuvieron menor FDN, FDA y LDA, tuvieron mayor DIVMO y EM, lo que concuerda con Acero et al (2010). Por lo tanto, las muestras de hojarasca parecen ser una buena fuente de EM para el ganado en pastoreo en las regiones semiáridas.

Las amplias variaciones en la composición química a lo largo del año, los sitios y las especies pueden explicarse por el tipo de suelo, la fertilidad, el tejido de madurez de las hojas y la composición botánica de los sitios (Madibela et al. 2002). Los cambios ambientales también juegan un papel capital en la alteración de la calidad nutricional de las plantas; de hecho, las altas temperaturas y el desarrollo del sistema de transporte de agua (xilema) en las plantas aumentaron el contenido de fibra y disminuyeron otros componentes nutricionales valiosos del follaje (Raven et al. 2005). Adicionalmente, en general la menor producción de biomasa en el MET ocurre a fines del invierno (60%) y la mayor en el último tercio de la primavera (90%) cuando las temperaturas son favorables. Sin embargo, las etapas fenológicas son variables y pueden producir períodos alternos de crecimiento, desarrollo y latencia (García 1997).

Por otro lado, como afirman Navar et al (2002), el matorral espinoso Tamaulipeco es bastante denso y diverso y de la biomasa total anual (6.3 ton ha⁻¹) estimada por estos autores, la producción de follaje representa 4.5 ton h⁻¹ año⁻¹ en esta área. Así, la disponibilidad de biomasa en los sitios estudiados respalda la afirmación de que esta producción de biomasa y composición química de las muestras estudiadas a lo largo del año, es suficiente para cumplir con los requisitos de mantenimiento y ganancia de peso en pequeños rumiantes de rango adulto y venado cola blanca.

8.5 Parámetros de fermentación

La producción de gas a las 24 horas y la composición química de los alimentos están estrechamente asociadas con los valores de energía Metabolizable medidos in vivo (Menke y Steingass 1988), lo que está de acuerdo con la estrecha relación ($r = 0,89$; datos no mostrados) entre en producción de gas vitro y contenido de EM en las muestras de caída de basura observadas aquí Por lo tanto, un PG24h más alto podría respaldar un valor nutritivo superior de las muestras de caída de basura recolectadas de Crucitas. Los valores de PM fueron más altos en el sitio Crucitas (5.9 vs 5.4 μmol) en comparación con el sitio Campus.

En cuanto a las prácticas de nutrición de los rumiantes, se recomienda una buena conversión del alimento en masa microbiana en el rumen. Así, el concepto de eficiencia en la síntesis de proteínas microbianas implica un uso eficiente del contenido de N y C de los alimentos (Van Soest, 1994). En este estudio, los valores de PM fueron superiores a los reportados por Domínguez-Gómez et al. (2011) y Guerrero-Cervantes et al. (2012). Este hecho puede deberse a la mejor sincronización entre los carbohidratos solubles fermentables (CSF) = $100 - (\text{FDN} + \text{PC} + \text{ceniza})$ y el contenido de PC durante el período de incubación in vitro de las muestras.

En el sitio de Crucitas, la relación fue de 39,7% y 13,6% (ratio = 2,9), mientras que en el sitio de Campus fue de 38,1% y 9,2% (ratio = 4,1), respectivamente. De esta manera, se acepta comúnmente que la fermentación máxima se logra cuando los forrajes

o las dietas contienen 37% o más de CSF (Stokes et al. 1991; NRC 2001). Dado que la mayor producción de proteína microbiana ruminal promueve un mayor flujo de proteína al duodeno, los forrajes que promueven una mayor síntesis de proteína microbiana ruminal son importantes para apoyar la productividad en rumiantes en pastoreo (Carro, 2001). En este estudio, ninguno de los parámetros estudiados se correlacionó significativamente

9. CONCLUSIONES

Debido a su alto contenido de PC, bajo FDN, bajos niveles TC, alta EM, así como alta digestibilidad in vitro, nos podrían indicar que las hojas de hojarasca son una buena fuente de nutrientes para rumiantes, tales como cabras, ovejas y venado cola blanca. Las muestras de hoja de hojarasca en ausencia de PEG tenían buena calidad nutricional, por lo que parecía que los compuestos secundarios adversos que son tóxicos o desagradables podrían haber sido trasladadas a las hojas. Este estudio indica que las hojas de las muestras de hojarasca contienen componentes de calidad deseables y en algunos meses del año puede ser de mayor calidad que algunas especies de ramoneo.

Las amplias variaciones en la composición química a lo largo del año, los sitios y las especies pueden explicarse por:

- El tipo de suelo.
- La fertilidad.
- La madurez de las hojas.
- La composición botánica de los sitios (Madibela et al. 2002).
- Los cambios ambientales.
- Las altas temperaturas de la región.

La hojarasca (9.2 a 11.5%) cubre un poco más de los requerimientos de proteína para el mantenimiento del venado (8-9% PC). Los niveles bajos de taninos condensados (-1.5%) en la hojarasca no afecta a la ingesta y digestibilidad de la hojarasca, al contrario, estos valores son beneficiosos para el animal (antioxidante). Por lo tanto, los valores de FDN encontrados en este estudio son suficientes para el mantenimiento de la función del rumen, para estimular la masticación, rumia y establecer el pH ruminal óptimo que puede permitir la fermentación ruminal adecuada. Los valores de FDN, (menor a 45%) califica a la hojarasca como un forraje de buena calidad. Los valores de lignina nos indican una buena digestibilidad tanto del contenido celular como de la pared.

Las muestras de hoja de hojarasca aun en ausencia de PEG tenían buena calidad nutricional. Debido a su alto contenido de PC, bajo FDN (-45%), bajos niveles TC, alta EM, así como alta digestibilidad in vitro, buena fuente de nutrientes para rumiantes, tales como cabras, ovejas y venado cola blanca. Este estudio demuestra que las hojas de hojarasca contienen componentes de calidad deseables y en algunos meses del año hasta puede ser de mayor calidad que algunas especies de ramoneo. La hojarasca cumple con los requerimientos más que mínimos de proteína y de EM para el mantenimiento y una reproducción óptima de pequeños rumiantes y rumiantes silvestres.

Datos relacionados con producción de biomasa importante, así como proteína cruda, digestibilidad in vitro de materia orgánica, producción de gas a las 24 h, síntesis de proteínas microbianas y energía Metabolizable y bajo contenido de constituyentes de la pared celular; apoyan el potencial de la hojarasca para los pequeños rumiantes del área de distribución en las regiones semiáridas del noreste de México. El conocimiento de los atributos nutricionales de la hojarasca de la vegetación de matorral espinoso Tamaulipeco puede convertirse en una herramienta útil para aquellos interesados en prácticas de nutrición de pequeños rumiantes de rango, con beneficios económicos con una reducción en el costo de las raciones.

10. PERSPECTIVAS

-Se recomienda el aprovechamiento de este material (hojarasca) como inclusión en la dieta de los pequeños rumiantes y rumiantes silvestres.

-Se recomienda estudios adicionales, para asociar daños de la lluvia (lixiviación) con la disminución de contenido de Taninos.

-Es recomendable continuar con los análisis de contenido de polifenoles y ver su participación en el rumen del animal.

11.-BIBLIOGRAFÍA

Aber JD. y Melillo JM. 1991. *Terrestrial Ecosystems*, 2ª. Edición. Academic Press, San Diego, California. pp 543.

Acero A, Muir JP and Wolfe RM. 2010. Nutritional composition and condensed tannin concentration changes as browse leaves become litter. *J. Science Food Agr.* 90:2582-2595.

Alanís-Rodríguez E, Jiménez-Pérez J, Canizales-Velázquez PA, González-Rodríguez H. and Mora-Olivo A. 2015. Estado actual del conocimiento de la estructura arbórea y arbustiva del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, vol. 2, no. 7, pp. 69-80.

Ammar H, López S, Andrés S, Ranilla MJ, Bodas R, González JS. 2008. In vitro digestibility and fermentation kinetics of some browse plants using sheep or goat ruminal fluid as the source of inoculum. *Animal Feed Science and Technology* 147 90–104.

Ávila RNA, Ayala BA, Gutiérrez VE, Herrera CJ, Madrigal SX y Ontiveros AS. 2007. Taxonomía y composición química de la necromasa foliar de las especies arbóreas y arbustivas consumidas durante el estiaje en la Selva baja caducifolia en el municipio de La Huacana, Michoacán México. *Liv. Res. Rural Dev. Colombia.* 19:111.

Adesogan AT. 2005. Effect of bag type on the apparent digestibility of feeds in ANKOM DaisyII incubators. *Anim. Feed Sci. Technol.* 119:333-344.

Aerts R. 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos* 79: 439-449. DOI: <http://www.jstor.org/stable/3546886>.

Agetsuma N, Agetsuma-Yanagihara V, Takafumi H. 2011. Mammalian Biology. Food habits of Japanese deer in an evergreen forest: Litter-feeding deer. Hokkaido University.

Alicata ML, Amato G, Bonanno A, Giambalvo D, Leto G. 2002. *In vivo* digestibility and nutritive value of *Atriplex halimus* alone and mixed with wheat straw. Journal of Agricultural Science 139:139-142.

Al-Masri MR. 2013. Nutritive evaluation of some native range plants and their nutritional and anti-nutritional components. Journal of Applied Animal Research 41:427-431.

AOAC. 1997. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, (Gaithersburg, Maryland, USA).

Badejo MA, Nathaniel TH & Tian G. 1998. Abundance of springtails (Collembola) under four agroforestry trees species with contrasting litter quality. *Biology and Fertility of Soil*. 27:15.

Barros YRM, García MMR, Soto HRM, Colinas LT, Kite G. 2011. Flavonoides y actividad antioxidante de *Calia secundiflora* (Ort.) Yacovlev. Rev Fitotec Mex 34(3):151-7.

Batteman J. 1970. "Nutricional Animal. Manual de Métodos Analíticos". Editorial Herrera Hnos. Sucesores S.A. México.

Batley N. 2000. Aspects of seasonality. *Journal of Experimental Botany*, 1(51):1769-1780.

Barnes TG, Blankenship LT, Varner LW and Gallagher JF. 1991a. Digestibility of

guajillo for white-tailed deer. *Journal of Range Management* 44:606–610.

Beauchemin KA and Yang WZ. 2005. Effects of physical effective fiber intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *J. Dairy Sci.* 88:2117- 2129.

Benavides J. 1998. Árboles y arbustos forrajeros: Una alternativa agroforestal para la ganadería. In: *Memorias de una conferencia electrónica: agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. FAO-CIPAV. Cali, Colombia. 1-26.

Bento MHL, Makkar HPS and Acamovic T. 2005. Effect of mimosa tannin and pectin on microbial protein synthesis and gas production during in vitro fermentation of ¹⁵Nlabelled maize shoots. *Anim. Feed Sci. Tech.* 123:365

Berg B .2000. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. *For Ecol Manag* 133:13–22

Binkley D. 1986. *Forest Nutrition Management*. Ed. Wiley. New York, NY, USA. 290 p.

Blummel M, Karsli A and Russell JR. 2003. Influence of diet on growth yields of rumen microorganisms in vitro and in vivo: influence on growth yield of variable carbon fluxes to fermentation products. *Br. J. Nutr.* 90:625-634.

Brown S, Lugo AE. 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. *“Biotropica”*14: 161-187.

Buxton D. & Fales S. 1994. Plant environment and quality. En G.C. Fahey Jr. (Editor). *National Conference on Forage Quality, Evaluation and Utilization*. University of Nebraska: Lincoln, Nebraska, USA, 1(55):199.

Camacho LM, Rojo R, Salem AZM, Provenza FD, Mendoza GD, Avilés F, Montañez-Valdez OD. 2010. Effect of season on chemical composition and *in situ* degradability in cows and in adapted and undated goats of three Mexican browse species. *Animal Feed Science and Technology* 155:206-212.

Cambell TA and Hewitt DG. 2000. Effect of metabolic acidosis on white tailed deer antler development. *Physiological and Biochemical Zoology* 73: 781–789.

Carro MD. 2001. La determinación de la síntesis de proteína microbiana en el rumen: Comparación entre marcadores microbianos (Revisión). *Invest. Agr. Prod. Sanid. Anim.* 16:5-27.

Church D. y Pond W. 1990. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales LIMUSA, México, D. F. 30-330.

Clemente SF. 1984. Utilización de la vegetación nativa en la alimentación del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en el estado de Aguascalientes. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados, Texcoco, Edo. de México, México.

Colleman S. & Henry D. 2002. Nutritive of herbage. In: M. Freer y H. Dove (Ed). *Sheep Nutrition*. CABI Publishing in associate on with CSIRO Publishing: Wallingford, United Kingdom. 1-26.

Correa J. 1996. Evaluación y Cuantificación de los Cambios del Uso del Suelo Mediante Imágenes de Satélite en los Municipios de Linares y Hualahuises, N.L. (Tesis Profesional). Facultad. De Ciencias Forestales., Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 47.

Crawford HS. 1982. Seasonal food selection and digestibility by tame White-tailed deer in central Maine. *Journal of Wildlife Management* 46:974-982.

Crespo G; Pérez AA. 1999. Significado de la hojarasca en el reciclaje de los nutrientes en los pastizales permanentes. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 33:349.

Curtis PS and Richmond ME. 1992. Future challenges of suburban white-tailed deer management. Trans. N. Amer. Wildlife. And Nat. Res. Conf. 57: 104-114.

Day TA, Zhang ET and. Ruhland CT. 2007. Exposure to UV-B radiation accelerates mass and lignin loss of Larrea tridentate litter in the Sonoran Desert. Plant Ecology 193:185-194.

Del Valle-Arango JI .2003. Cantidad, calidad y nutrientes reciclados por la hojarasca fina de bosques pantanosos del pacífico sur colombiano. Interciencia. 28:443- 449.

Ditchkoff, S & Servello F. 1998. Litterfall: An Overlooked Food Source for Wintering White-Tailed Deer.”The Journal of Wildlife Management,”62(1), 250-255.

Dignac MF, Pěchot N, Thevenot M, Lapierre C, Bahri H, Bardoux G and. Rumpel C. 2009. Isolation of soil lignins by combination of ball-milling and cellulolysis: evaluation of purity and isolation efficiency with pyrolysis/GC/MS. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 85:426-430.

Domínguez-Gómez TG, Guerrero-Cervantes M, Cerrillo-Soto MA, Juárez-Reyes AS, Ramírez Lozano RG, González Rodríguez H. 2011. Polyethylene glycol influence on “*in vitro*” gas production parameters in four native forages consumed by white-tailed deer. Journal of Forest and Environmental Sciences 17: 21-32.

Domínguez T, Ramírez R, Estrada A, Scott L, González H, y Alvarado M. 2012. Importancia nutrimental en plantas forrajeras del matorral espinoso tamaulipeco. Ciencia UANL, 15(59):77-93.

Domínguez T. 2013. Composición nutrimental de cuatro especies forrajeras xerófitas del

noreste de Nuevo León, México. (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México.

Estell RE, Havstad KM, Cibils AF, Fredrickson EL, Anderson DM, Schrader TS, James DK. 2012. Increasing shrub use by livestock in a World with less grass. *Rangeland Ecology & Management* Volume 65, Issue 6, November, Pages 553-562

Eviner VT. 2003. Functional matrix: a conceptual framework for predicting multiple plant effects on ecosystem processes. *Annual Review Ecology, Evolution and Systematics* 34:455-485.

Fassbender HW. 2002. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 492 pp.

Fioretto A, Papa S and Fuggi A. 2003. Litter-fall and litter decomposition in a low Mediterranean shrubland. *Biology and Fertility of Soils* 39(1): 37–44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0675-5>.

Forbes J. & Provenza F. 2000. In: J.A. Cronjé (Editor). *Integration of Learning and Metabolic Signals into a Theory of Dietary Choice and Food Intake. Ruminant Physiology Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. CABI Publishing: Wallingford, United Kingdom, 3-20.

Foroughbakhch R. y Peñaloza R. 1988. Introducción de 10 especies forestales en el matorral del Noreste de México. Reporte Científico No. (8), Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León Linares, N. L. México.

Foroughbakhch RG, Reyes R, Alvarado MA, Hernández JL and Rocha A. 2005. Use of quantitative methods to determine leaf biomass on 15 woody shrub species in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management* 216:359-366

Foroughbakhch R, Hernández M, Alvarado E, Céspedes A, Rocha y Cárdenas. 2009. Leaf biomass determination on woody shrub species in semiarid zones. *Agroforest Syst*, 1(77):181-192.

García E. 1997. Modificaciones al Sistema Climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana, 4a (Ed). OFFSET Larios, México.

García-Vaquero M, Miranda M, López-Alonso M, Castillo C, Benedito JL. 2011. Evaluation of the need of trace minerals supplementation in intensively reared beef cattle. *Livestock Science* 137: 273-277

Galindo-Leal, C & M Weber. 1998. El Venado de la Sierra Madre Occidental. *Ecología, Manejo y Conservación*. EDICUSA-CONABIO. México, D. F. 272 p.

Gallina S. y. Maury HM. 1977. Hábitos Alimenticios del Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) en la Reserva La "Michila" Edo. de Durango. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Gallina S, Corona-Zárate P & Bello J. 2005. El Comportamiento del Venado Cola Blanca en Zonas Semiáridas del Noroeste de México. Pp.193-204. En: Sánchez-Cordero V. & Medellín R. A. (Eds.) *Contribuciones Mastozoológicas en Homenaje a Bernardo Villa*. Instituto de Biología, Instituto de Ecología, UNAM; CONABIO. México.

Garrett H. 2002. *Texas Trees*. Traylor Trade Publishing Lanham. Lanham, MD. USA. 253

Getachew G, Makkar HPS and. Becker K 2000. Effect of polyethylene glycol on in vitro degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes. *Br. J. Nutr.* 84:73-83.

Getachew G, DePeters EJ, Robinson PH and Fadel JG. 2005. Use of an in vitro rumen

gas production technique to evaluate microbial fermentation of ruminant feeds and its impact on fermentation products. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123/124:547-559.

Gliesman SR. 2002. *Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sustentable.* Turrialba. Costa Rica. 359 pp.

Goering HK and Van Soest PJ. 1970. Forage fiber analysis: Apparatus, reagents, procedures and some applications. *USDA Agric. Handb.* 379. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC

González M. 1996. *Análisis de la Vegetación Secundaria de Linares, N. L., México.* Tesis de Maestría no publicada, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, N. L., México.

González RH, Cantú Silva L, Gómez Meza MV, Ramírez Lozano RG Uvalle JI. 2006. Producción de hojarasca y reciclado de nutrientes en el Matorral Espinoso Tamaulipeco en el Noreste de México. *Memoria del 2do Congreso Latinoamericano IUFRO.* La Serena, Chile. Octubre del 2006. Pp 296.

González H, Ramírez R, Cantú I, Gómez M. y Uvalle J. 2010. Composición y Estructura de la Vegetación en tres sitios del Estado de Nuevo León, México. *Poli botánica*, 1(29):91-106.

González R y Cantú S 2001. Adaptación a la sequía de plantas arbustivas del Matorral Espinoso Tamaulipeco. *Ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León*, 1(4):454-461.

González-Rodríguez H, Ramírez-Lozano RG, Cantú-Silva I, Gómez-Meza MV, Cotera Correa M, Carrillo-Parra A, Marroquín-Castillo JJ. 2013. Litter fall production and nutrient returns through leaves in a microphyllous desert scrubland, northeastern Mexico. *Forest and Environmental Sciences* 19:249-262.

González-Rodríguez H, Domínguez-Gómez TG, Cantú-Silva I, Gómez-Meza MV, Ramírez-Lozano RG, Pando-Moreno M. 2011^a. Litterfall deposition and leaf litter nutrient return in different locations at Northeastern Mexico. *Plant Ecology* 212: 1747-1757.

González-Rodríguez H, Cantú-Silva I, Gómez-Meza MV and Ramírez-Lozano R.G 2004. Plant water relations of thornscrub shrub species, northeastern Mexico. *J. Arid Environ.* 58:483- 503.

González-Rodríguez H, Cantú-Silva I, Ramírez-Lozano RG, Gómez-Meza MV, Sarquis-Ramírez JI, Coria-Gil N. 2011. Xylem water potentials of native shrubs from Northeastern Mexico. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science* 61: 214-219

Gray PB and Servello FA. 1995. Energy intake relationships for white-tailed deer on winter browse diet. *Journal of Wildlife Management* 59:147–152.

Grayston SJ, Prescott CE. 2005. Microbial communities in forest floors under four tree species in coastal British Columbia. *Soil Biology and Biochemistry* 37:1157-1167.

Guerrero-Cervantes M, Cerrillo-Soto MA, Ramírez RG, Salem AZM, González-Rodríguez H, Juárez-Reyes AS. 2012. Influence of polyethylene glycol on *in vitro* gas production profiles and microbial protein synthesis of some shrubs species. *Animal Feed Science and Technology* 176:32-39.

Guerrero M, Juárez AS, Ramírez RG, Montoya R, Murillo OM and. Cerrillo SMA. 2010. Chemical composition and protein degradability of native forages of the semiarid region of Northern Mexico. *Cuban J. Agric. Sci.* 44:143- 149.

Guerrero M, Cerrillo-Soto MA, Ramírez RG, A. Salem ZM, González-Rodríguez H and Juárez-Reyes AS. 2012. Influence of polyethylene glycol on *in vitro* gas production profiles and microbial protein synthesis of some shrubs species. *Anim. Feed Sci. Technol.* 176:32-39.

Gutiérrez TS. 1953. Contribución al estudio fitoquímico y bromatológico del fruto del *Capparis angulata*. Universidad Nacional de Trujillo.

Hagerman AE, Robbins CT, Weerasuriya Y, Wilson TC, McArthur C. 1992. Tannin chemistry in relation to digestion. *J. Range Manage.* 45, 57–62.

Hess HD, Kreuzer M, Díaz TE, Lascano CE, Carulla JE, Soliva CR, Machmüller A. 2003. Saponin rich tropical fruits affect fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated rumen fluid. *Animal Feed Science and Technology.* 109: 79-94

Hobbs NT, Baker DL, Ellis JE and Swift DM. 1981. Composition and quality of elk winter diets in Colorado. *Journal of Wildlife Management* 45:156-171.

Holechek JL Pieper RD and Herbel CH. 1995. Range management principles and practices. Prentice Hall. Englewood, New Jersey.

Hunter MD; Adl S; Pringle CM & Coleman DC. 2003. Relative effects of macroinvertebrates and habitat on the chemistry of litter during decomposition. *Pedobiología* 47:101

INEGI. 2009. Prontuario de información Geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Hualahuises Nuevo León.

Jung H & Allen M 1995. Characteristic of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, 1(73):2774-2790.

Jurado E. 1986. Asociación entre Especies, Factores Edáficos, Topográficos y Perturbación en la Vegetación Remanente del Terreno Universitario, U.A.N.L.- Linares, *Nuevo León*. (Tesis Profesional). Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad del Noreste, Tampico, Tam. 93.

Kalbitz K, Kaiser K, Bargholz J and Dardenne P. 2006. Lignin degradation controls the production of dissolved organic matter in decomposing foliar litter. *European Journal of Soil Science* 57:504-516.

Kazemi M, Tahmasbi AM, Naserian AA, Valizadeh R and Moheghi MM. 2012. Potential nutritive value of some forage species used as ruminants feed in Iran. *African J. Biotechnol.* 11:1210-1217.

Kennedy PM, Lowry JB. 2002. Do tree leaves promote digestion of grass by cattle? *Anim. Prod. Aust.* Vol. 24: 121-124

Leopoldini M, Russo N, Toscano M. 2011. The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. *Food Chem.* 125: 288-306.

Licitra G, Hernández T, Van Soest P. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57:347-358.

Liu W, Fox JED, Xu Z. 2003. Litterfall and nutrient dynamics in a montane moist evergreen broad-leaved forest in Ailao Mountains, SW China. *Journal of Plant Ecology.* 164:157-170.

López H, González R, Ramírez L, Cantú S, Gómez M, Pando M y Estrada C. 2013. Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios del estado de Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. *Revista Polibotánica*, 35(1):41-64.

López J. 2014. Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios del estado de nuevo león, México. (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. 83.

Maestro M; Ameya A Broca A. 1984. Efecto de la liofilización sobre los resultados del

análisis de forraje. *Pastos*, xiv (2), 243-251.

Madibela OR, Boitumelo WS, Manthe C, Raditedu I. 2002. Chemical composition and *in vitro* dry matter digestibility of local landraces of sweet sorghum in Botswana. *Livestock Research for Rural Development* 14:1-6.

Makino S. 1996. Food habits and habitat selection of tame sika deer *Cervus nippon* in upper zone in the Tanzawa Mountains. Graduate thesis, Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, Japan. (In Japanese.)

Makkar HPS. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effect of feeding tannin-rich feeds. *Small Rumin. Res.* 49:241-256.

Mandujano S, Gallina S, Arceo G, Sánchez-Rojas G & Silva-Villalobos G. 2002. Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus sinaloae*). Allen JA p. 415-422. In F. Noguera, J.H. Vega-Rivera, A.N. García-Aldrete & M. Quesada-Avenidaño (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.

Martín A, Santa Regina I y. Gallardo JF 1996. Eficiencia, re-translocación y balance de nutrientes en bosques de *Quercus pyrenaica* bajo diferentes pluviometrías en la Sierra de Gata (Centro Oeste Español). *Ecología* 10:79-93.

McDowell L. 1996. Feeding mineral to cattle on pasture. *Animal Feed Science and Technology*, 1(60):247-253.

Melaku S, Aregawi T and Nigatu L. 2010. Chemical composition, *in vitro* dry matter digestibility and *in sacco* degradability of selected browse species used as animal feeds under semi-arid conditions in Northern Ethiopia. *Agrofor. Syst.* 80:173-184.

Menke KH and Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Develop.* 28:7-55.

Mertens DR. 2003. Challenges in measuring insoluble dietary fiber. *J. Anim. Sci.* 81:3233-3240.

Miyaki M and Kaji K. 2004. Summer forage biomass and the importance of litterfall for a highdensity sika deer population. *Ecological Research* 19:405–409.

Monforte-Briceño G, Sandoval-Castro C, Ramírez-Avilés L, Capetillo-Leal M. 2005. Defaunating capacity of tropical fodder trees: Effects of polyethylene glycol and its relationship to in vitro gas production. *Animal Feed Science and Technology.* 123/124: 313-327.

Montgomery DC. 2004. *Experimental Designs*. Second ed. Limusa-Wiley. DF, México, pp. 79- 81.

Moore KJ and Jung HJG 2001 Lignin and fiber digestion. *J. Range Manage.* 54: 420–430 July 2001

Moskovitz J, Yim KA, Choke PB. 2002. Free radicals and disease. *Arch Biochem Biopsy's* 397: 354-359.

Návar J, Méndez E, Dale V. 2002. Estimating stand biomass in the Tamaulipan thornscrub of northeastern Mexico. *Annals of Forest Science* 59:813–821.

Nherera FV, Ndlovu LR, Dzowela BH. 1999. Relationships between in vitro gas production characteristics, chemical composition and in vivo quality measures in goats fed tree fodder supplements. *Small Ruminant Research.* 31: 117-126.

NRC: National Research Council. 2001. *The Nutrient Requirements of Beef Cattle.* 7

th (Ed). Washington, DC, US: National Academy Press.17

NRC (National Research Council). 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. Washington DC. pp. 109-136.

Nsahlai IV, Umunna NN and Negassa D. 1995. The effect of multi-purpose tree digesta on in vitro gas production from napier grass or neutral-detergent fibre. Journal of the Science of Food and Agriculture 1995; 69: 519-528

Opatpatanakit Y, Kellaway RC, Lean IJ, Annison G, Kirby A. 1994. Microbial fermentation of cereal grains in vitro. Australian Journal of Agricultural Research. 45: 1247-1263.

Ørskov ER. and L.M. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92: 499-503.

Özaslan-Parlak A, Gökkuş A, Hakyemez BH, Baytekin H. 2011. Forage yield and quality of kermes oak and herbaceous species throughout a year in Mediterranean zone of western Turkey. Int. J. Food, Agric. Environ., 9(1): 510-515.

Parker GG .1994. Soil fertility, nutrient acquisition, and nutrient cycling. En McDade L, Bawa KS, Hespenheide HA, Harshorn GS (Eds.). *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest*. University of Chicago Press. Chicago, EEUU. pp. 53-63.

Papachristou T & Nasti A. 1993. Nutritive value of diet selected by goats grazing on kermes oak shrublands with different shrub and herbage cover in northern Greece. Small Ruminant Research, 1(12):35-41.

Pavón HN, Briones VO, Flores RJ. 2005. Litterfall production and nitrogen content in an

intertropical semi-arid Mexican scrub. *Journal of Arid Environments*. 60:1-13.

Pedraza J.1992. La Naturaleza del Guadarrama. En: La Sierra de Guadarrama. Naturaleza Paisaje y Aire de Madrid. Ed. C.M. Madrid. 109-126.

Pérez TG. 2003. Los flavonoides antioxidantes o prooxidantes. *Rev cubana Invet Biomed* 22(1):48-57.

Pritchett WL. 1991. Suelos Forestales. Propiedades, Conservación y Mejoramiento. Editorial LIMUSA. México. 643 pp.

Porter IJ, Hirstich LN y Chan BG. 1986. The conversion of procyanidin and prodelphinindins. *Phytochemistry* 25, 223–230.

Proctor J. 1984. Tropical forest litterfall. II. The data set. *In* Chadwick AC, SL Sutton eds. *Tropical Rain-Forest: The Leeds Symposium*. Proc. Leeds Philosophical & Literary Soc. Leeds, UK. p. 83-113.

Ramírez RG. 1999. Feed resources and feeding techniques of small ruminants under extensive management conditions. *Small Rumin. Res.* 34:215-230.

Ramírez RG, Neira-Morales RR, Ledezma-Torres RA, Garibaldi-González CA. 2000. Ruminant digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Ruminant Research* 36:49-55.

Ramírez R. 2003. Dinámica estacional del valor nutritivo y cinética de la digestión ruminal de 10 especies arbustivas del desierto sonorensis. (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias Biológicas. 225.

Ramírez-Lozano, Roque Gonzalo. 2004. Nutrición del Venado Cola Blanca. Editorial UANL.

Ramírez-Lozano RG, González-Rodríguez H, Gómez-Meza MV, Cantú-Silva I, and Uvalle-Sauceda JI .2010. Spatio-temporal variations of macro and trace mineral contents in six native plants consumed by ruminants at northeastern México. *J. Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 12:267- 281.

Ramírez R. y González R. 2010. Calidad nutricional de plantas forrajeras del noreste de México. In: De la lechuguilla a las biopelículas vegetales. Las plantas útiles de Nuevo León. 41 Alvarado, V.M.A., Rocha, E.A. and Moreno, L.S (Editores). Universidad Autónoma de Nuevo León-PROMEPA. 517-537.

Ramírez-Lozano RG. 2012. Alimentación Del Venado Cola Blanca: Biología y Ecología Nutricional. Editorial Palibrio, USA p. 135-155.

Ramírez R, Domínguez T, González H, Cantú I, Gómez M, Sarquís J. y Jurado E. 2013. Composición y diversidad de la vegetación en cuatro sitios del noreste de México. *Madera y Bosques*, 19(2):59-72.

Raven PH, Evert F, Eichhorn SE. 2005. *Biology of Plants* (7thEdition). W.H. Freeman & Company, New York pp. 133-135.

Reid N, Marroquín J & Beyer M. 1990. Utilization of shrubs and trees for browse, fuelwood and timber in the Tamaulipan thornscrub, northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 1(36):61-79.

Richarson CL. 1999. Factors affecting deer diets and nutrition. South Texas Rangelands. Texas Agricultural Extension Service. Texas A & M University, College Station. I. 2393, pp. 1-6.

Rodríguez G A. 1994. Análisis de la fitodiversidad (sinusias: arbórea y arbustiva) de dos comunidades de matorral espinoso tamaulipeco en Linares, N.L., México. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León,

México.

Rosero JR 2002 Estudio químico, "*in situ*", "*in vitro*" e microscópico da parede celular de cinco genótipos de sorgo colhidos em três épocas de corte. Ph. D. Thesis. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. 148p

Safari J, Mushi DE, Kifaro GC, Mtenga LA, Eik LO. 2011. Seasonal variation in chemical composition of native forages, grazing behavior and some blood metabolites of Small East African goats in a semi-arid area of Tanzania. *Animal Feed Science and Technology* 164:62-70.

Salem AZM, Robinson OH, El-Adawy MM and Hassan AA. 2007. In vitro fermentation and microbial protein synthesis of some browse tree leaves with or without addition of polyethylene glycol. *Anim. Feed Sci. Technol.* 138:318:330.

Sánchez BM, Borges PTD, Peral CF, Tamburin CAR, Caseri R, Berazain RI. 2003. Producción de hojarasca en un bosque semideciduo estacional en Sao Pedro, Potirendaba, Estado de Sao Paulo, Brasil. *Revista de Jardín Botánico Nacional.* 24:173-176.

Sandhu J, Sinha M, Ambasht RS. 1990. Nitrogen release from decomposing litter of *Leucaena leucocephala* in the dry tropics. *Soil Biol Biochem* 22:859–863

Santa Regina I, Gallardo JF.1989. Ciclos biogeoquímicos en bosques de la Sierra de Bejar (Provincia de Salamanca). *Options Méditerranéennes Série Séminaires.* 3:147-149.

Schlatter J, Gerding V, Calderón S. 2006. Aporte de la hojarasca al ciclo biogeoquímico en plantaciones de *Eucalyptus nitens*, X Región, Chile. *Bosque (Valdivia).* 27:115-125

Schutz C. 1990. Site relationships for *Pinus patula* in the Eastern Transvaal Escarpment

Area.Ph.D. Thesis, University of Natal, Pietermaritzburg.

Sjöberg G, Nilsson SI, Persson T and Karlsson P. 2004. Degradation of hemicellulose, cellulose and lignin in decomposing spruce needle litter in relation to N. *Soil Biology and Biochemistry* 36:1761-1768.

Smith JK, Neel JP and Felton ED. 2009. Utilization of leaf litter as a potential feed source. (abstract). In: *Proceedings of the American Society of Animal Science, Midwestern Section Annual Meeting, March 16-18, Des Moines, IA, USA*, pp. 136-138.

Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG and Russel JB. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets, II: Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science* 70: 3562-3577.

SPP-INEGI (1986). *Síntesis Geográfica del estado de Nuevo León*. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Geografía e Informática, México, pp. 17-19.

SPSS 2004. *The Statistical Package for the Social Sciences*. SPSS Inc. Chicago, Illinois. USA p. 176.

Stokes SR, Hoover WH, Miller TK, Manski RP. 1991. Impact of Carbohydrate and Protein Levels on Bacterial Metabolism in Continuous Culture. *Journal of Dairy Science* 74:860-870.

Stienen H, Smits MP, Reid N, Landa J, and Boerboom JHA. 1989. Ecophysiology of 8 woody multipurpose species from semiarid northeastern Mexico. *Ann. Sci. Forest.* 46:454-458.

Tejerina D, García-Torres S, Cabeza de Vaca M, Cava R y Vázquez F.M. 2010.

Interannual variability and evolution during the montanera period of Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) acorns. *Span J. Agric. Res.* 8, 634-641.

Theodorou MK, Williams BA, Dhanoa MS, McAllan AB, France J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim Feed Sci. Technol.* 48, 185–197.

Undersander D, Mertens DR & Thiex N. 1993. Forage analysis procedures. Proceedings of the National Forage Testing Association, Omaha, NE, 95-103.

Van Es AJH; Vander Meer JM. 1980. Métodos de análisis para predecir el valor energético y proteico de los animales de granja. Instituto de Investigación en Alimentación y Nutrición de Livestock Lelystad, 74 págs. Países Bajos.

Van Soest P. 1968. Determinación of Lignina and cellulose in Acid- Detergent fiber with permanganate. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 51(4):780-785.

VanSoest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.

Van Soest P. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2ª (Ed). Ithaca, NY: Cornell University Press.

Villarreal J. 1999. Venado cola blanca; manejo y aprovechamiento cinegético. Unión Ganadera Regional de Nuevo León. México, 401 pp.

Verme LJ & Ullrey DE. 1974. Alimentación y nutrición de los ciervos. In D. C. Church (Ed.), *Fisiología digestiva y nutrición de rumiantes*. Zaragoza, España: Edit. Acribia.

Villarreal O. 2000. El aprovechamiento sustentable del venado cola blanca mexicano (*Odocoileus virginianus mexicanus*): Una alternativa para el uso del suelo en la región de la Mixteca poblana. Tesis de Maestría; Centro de Investigaciones Interdisciplinarias Sobre Desarrollo Regional; Universidad Autónoma de Tlaxcala. México, 193 pp

Villegas G. 1972. Tipos de vegetación en los municipios de Linares y Hualahuises, Nuevo León; sus características, aprovechamiento y condiciones ecológicas en que se desarrollan. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.

Von Maydel H. 1996. Appraisal of practices to manage woody plants in semiarid environment. In: Bruns, S. J., Luukanen, O, Woods, P. (Ed) Dry land forestry research. International Foundation for Science, Stockholm. 47-64.

Huang XD, Liang JB, Tan HY, Yahya R, Khamseekhiew B and Ho YW. 2010. Molecular weight and protein binding affinity of *Leucaena* condensed tannins and their effects on in vitro fermentation parameters. *Anim. Feed Sci. Technol.* 159: 81–87.

Waghorn GC and McNabb WC. 2003. Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* 62, 383–392.

Waring RH & Running SW. 1998. *Forest Ecosystems: Analysis at Multiple Scales*. Academic Press, San Diego.

Williams BA. 2000. Cumulative gas-production techniques for forage evaluation. In: Givens, D.I., Owen, E., Axford, R.F.E., Omed, H.M. (Eds.), *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 189–213.

Wright J. 1996. Plant species diversity and ecosystem functioning in tropical forests. En Orians GH, Dirzo R, Cushman JH (Eds.) *Biodiversity and Ecosystem Processes in*

Tropical Forests. Springer. Berlín, Alemania. pp.12

Yang SY, Oh YK, Ahn HS, Kwak WS. 2014. Maintenance Crude Protein Requirement of Penned Female Korean Spotted Deer (*Cervus nippon*). Asian Australasian Journal of Animal Science 27:30-35.

Zanoni T. & Adams R. 1979. The genus *Juniperus* (*Cupressaceae*) in Mexico and Guatemala: synonymy, key.

Zhao XH, Zhang T, Xu M, Yao JH. 2011 Effects of physically effective fiber on chewing activity, ruminal fermentation, and digestibility in goats. Journal of Animal Science 89:501-509.

12.-RESUMEN BIOGRAFICO

Patricia Rodríguez Santillán

Candidato para el Grado de

Doctor en Ciencias con Acentuación Alimentos

Tesis: VALOR NUTRITIVO DE LAS HOJAS DE LA HOJARASCA DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN

Campo de Estudio: Ciencias Biológicas

Datos Personales: Nacida en Allende Nuevo León el 7 de diciembre de 1974, hija de Samuel Rodríguez y Socorro Santillán.

Educación: Egresada de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado obtenido Médico Veterinario Zootecnista en 1997 con mención honorífica, primer lugar en la generación y con Maestría en Microbiología en dicha casa de Estudios.

Experiencia Profesional: Analista de Laboratorio en los departamentos de Serología, Patología y Microbiología en PAPSA, Docente de Asignatura 2012-2014 y Departamento de Nutrición y Fisiología Animal de Rumiantes en la FMVZ de la UANL, Alimentos en MNA en el 2014. Ayudante de investigador en el Centro de Investigación Biotecnología y Nanotecnología de la FCQ UANL en 2019.

ANEXO 1

PRODUCTOS DE LA TESIS

- 1. LEAF LITTER AS A FOOD RESOURCE FOR RANGE LIVESTOCK**
- 2. NUTRITIONAL PROFILE OF LEAF LITTERFALL AS FEED RESOURCE FOR GRAZING ANIMALS IN SEMIARID REGIONS**

LEAF LITTER AS A FOOD RESOURCE FOR RANGE LIVESTOCK

P. Rodriguez-Santillan¹, H. Bernal-Barragan², Ma. Cerrillo-Soto³, H. Gonzalez-Rodriguez⁴, A.S. Juarez-Reyes³,
M.Guerrero-Cervantes³ and R.G. Ramirez-Lozano^{1,*}

¹Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Facultad de Ciencias Biologicas, Alimentos. Pedro de Alba y Manuel Barragan S/N, Cd. Universitaria, San Nicolas de los Garza, N.L. 66451, Mexico; ²Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Mexico, Facultad de Agronomia, Av. Francisco Villa S/N. Col. Ex-Hacienda el Canadá, Escobedo, N.L., 66450, Mexico
³Universidad Juarez del Estado de Durango, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Km 11.5 Carretera Durango-Mezquital, Durango, 34280, Mexico; ⁴Universidad Autonoma de Nuevo Leon. Facultad de Ciencias Forestales, A.P. 41, Linares, Nuevo Leon, 67700, Mexico

*Corresponding autor's email: Roque G. Ramirez-Lozano roque.ramirezlz@uanl.edu.mx

ABSTRACT

Leaf litter samples from two undisturbed sites in the Tamaulipan Thornscrub vegetation at northeastern Mexico were evaluated monthly, during 2007, for chemical composition, true *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD), *in vitro* gas production (IVGP, 24 h), metabolizable energy (ME) and microbial protein (MP), in absence or presence of polyethylene glycol (PEG). Neutral detergent fiber (organic matter; mean = 40.8%), acid detergent fiber (ADFom; 28.8%), lignin (20.2%), crude protein (CP; 11.5%), condensed tannins (CT; 0.6%), ether extract (EE; 2.9%) contents, and IVOMD (63.0%) values and the interactions site*month were different between sites and among months. Gas production without (53.2 ml/200mg) and with PEG (59.1), ME (9.9 and 10.9 MJ/kg, respectively) and MP values (11.5 and 13.8, μ mol, respectively) were not different between sites, but were different among months. When leaf litter deposition was high (dry months; January-June) in both sites, NDF, lignin and CP were also higher than in other months. The *in vitro* gas production, ME and MP were higher with the addition of PEG compared with the samples without PEG. Moreover, MP content was higher during the wet months (July-September). Based on chemical composition and fermentation values, litter fall leaves have a high potential to be used as feed resource for range small ruminants.

Keywords: Chemical Composition; *In Vitro* Gas Production Parameters; Litter Fallen Leaves; Polyethylene Glycol; Tamaulipan Thornscrub Vegetation.

INTRODUCTION

The available forage resources should provide adequate nutrients to a number of grazing animals while maintaining or improving the availability resource. Currently there is a need for feeds that have a high proportion of digestible nutrients and information reflecting the digestion in animals. The *in vitro* gas technique complemented with the use of Polyethylene glycol (PEG) has potential application on many areas of ruminant nutrition (Getachew *et al.*, 2005; Ammar *et al.*, 2008). The Tamaulipan Thornscrub of the semiarid plains of Northeastern Mexico, contains a wide diversity of shrub species (Stienen *et al.*, 1989) that have developed morphological and physiological characteristics to adapt to adverse climatic factors; in addition, could be important animal feed resources in times of scarce feed availability to range ruminants (goats and sheep) and wildlife (white-tailed deer) (Gonzalez-Rodriguez *et al.*, 2011). The mixture of leaves in this ecological and biological type of scrub represents the main component of the litter fall that remains productive throughout the year, especially in the dry and winter months (González-Rodríguez *et al.*, 2004). More research is needed concerning the nutritional quality and fermentative

profile of the mixture of litter fall leaves from shrubby native species in the Tamaulipan Thornscrub of northeastern Mexico. Thus, the objectives of this study were to evaluate during 12 consecutive months, the nutritional quality of samples of litter fallen leaves and their fermentation characteristics, treated or not with PEG, in two sites located in the state of Nuevo Leon, Mexico. We hypothesized that the mixture of leaf fall from the Tamaulipan Thornscrub from northeastern Mexico, is a good source of nutrients to meet the metabolic requirements of range small ruminants during dry and winter months.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in 2 undisturbed sites located at Linares County in the state of Nuevo Leon, Mexico. Site one, was situated in a *Quercus* sp. forest (24° 46' N; 99° 41' W; 550 m above sea level), total annual rainfall of 915 mm and the mean annual temperature of 21°C. Site 2 was located at the Experimental Research Station of the Department of Forest Sciences of the Autonomous University of Nuevo Leon (24° 47' N; 99° 32' W; 350 m above the sea level)

with dominant vegetation known as Tamaulipan Thornscrub (SPP-INEGI 1986). Total annual rainfall was 851 mm and the mean annual temperature was 21.8°C. Distribution of rainfall and temperature was similar in both sites. The climate of the region is subtropical and semiarid with warm summer (González-Rodríguez *et al.*, 2004).

Litter fall samples were collected in ten litter traps (1.0 m²), made of wooden sides fitted with a nylon net bottom (1 mm mesh size) that were randomly scattered in each collection site of about 2500 m². Each trap was placed at approximately 0.30 m above the soil level to intercept litter fall. Trap contents were collected at 15-day intervals from January-December 2007. Litter contents were manually sorted into the following categories: leaves, reproductive structures (flowers, fruits and seeds), twigs or branches (<2 cm in diameter), and miscellaneous residues. The 15-day leaf litter samples were grouped into only one in each month for chemical and digestion analysis.

Crude protein, EE and ash contents were estimated (AOAC, 1997). Neutral detergent fiber (om), ADF (om), and lignin (sa) were determined according to Van Soest *et al.* (1991). Cellulose (ADF–lignin) and hemicellulose (NDF–ADF) were obtained by difference. Results of CT (butanol-HCl technique) were expressed as leucocyanidin equivalents (Makkar, 2003).

The *in vitro* gas production (24 h) in samples was determined using the procedures described by Menke and Steingass (1988). The technique described by Makkar (2003) was used to estimate the effect of PEG (6000) in samples. The IVOMD in samples was determined a Daisy^{II} incubator (ANKOM Technology, Macedon, New York, USA) using the technique described by Adesogan (2005). The ME content was calculated in accordance with Menke and Steingass (1988):

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = 2.20 + 0.136 \text{ GP}_{24\text{h}} + 0.057 \text{ CP} + 0.0029 \text{ EE}^2$$

Where: GP_{24h} is gas production after 24 h of incubation (ml gas/200 mg DM); CP is the crude protein (g/kg DM); and EE is the ether extract (g/kg DM).

The chemical composition and digestion data were statistically analyzed using one-way analysis of variance with a bi-factorial arrangement with effects of sites (2), months of the year (12) and the double interaction. *In vitro* gas production characteristics with or without PEG, were statistically compared by the T-test procedure (Montgomery, 2004). Statistical analyses were performed with the Statistical Package SPSS (2004) version 13.

RESULTS

Ash and NDF values (ADF, lignin, cellulose and hemicellulose included) were different between sites and among months and the interaction site*month was also significant (Table 1). Samples in site 2 had higher ash content than site 1. During winter months (December, January and March), in both sites, ash content was also higher. Crude protein, EE, CT and IVOMD values were significantly different between sites and among months and the interaction site*month was also significant (Table 2). Higher EE contents were observed in winter and in spring than in other seasons. Site 2 had higher IVOMD values compared to site 1; similarly, values obtained from wet month samples (July-September) were higher.

The *in vitro* gas production, ME and MP content of samples in absence or presence of PEG, were not significantly different between sites, but significant variations were registered among months (Table 3). Site 1, during spring months (April-June), had higher values than in other months. Site 2 in summer months (July-September), had higher values than in other months. Samples treated with PEG had significantly higher *in vitro* gas production than samples without PEG. A similar response as *in vitro* gas production was observed for ME and MP (Table 4).

Table 1. Chemical composition of leaf litter fall samples from the Tamaulipan Thornscrub in the state of Nuevo Leon, Mexico. SEM = standard error of the mean. *($P<0.05$); **($P<0.01$); *($P<0.001$).**

Sites	Months	Ashes, %	NDF (om), %	ADF (om), %	Lignin (sa), %	Cellulose, %	Hemicellulose, %
Site 1	January	10.2	40.4	28.5	20.0	8.5	11.9
	February	11.9	44.4	32.0	25.0	7.0	12.4
	March	5.8	45.4	33.1	24.8	8.3	12.3
	April	11.3	47.5	36.3	22.8	13.5	11.2
	May	4.2	46.6	35.3	21.7	13.6	11.3
	June	9.8	45.6	32.2	21.0	11.2	13.4
	July	7.9	37.2	20.1	11.8	8.3	17.2
	August	9.3	36.8	26.7	12.7	14.0	10.1
	September	4.6	33.4	22.6	15.6	7.0	10.8
	October	5.9	43.4	31.0	23.2	7.8	12.4
	November	9.3	42.8	32.0	25.1	6.9	10.8
	December	9.4	33.3	21.4	16.1	5.2	12.0
Mean of site 1		8.0	44.1	32.3	22.4	9.9	11.8
Site 2	January	14.1	42.0	29.7	21.8	7.9	12.3
	February	16.1	44.6	32.9	25.2	7.7	11.7
	March	18.0	42.2	31.3	20.8	10.5	10.9
	April	17.2	43.7	32.3	23.5	8.8	11.4
	May	17.1	43.4	33.1	20.7	12.4	10.3
	June	16.4	43.5	31.4	22.0	9.5	12.1
	July	16.2	40.0	22.9	18.4	4.6	17.0
	August	15.2	31.8	21.6	15.8	5.8	10.2
	September	16.2	37.1	26.0	19.6	6.4	11.1
	October	14.2	43.2	31.1	21.0	10.1	12.1
	November	15.1	39.8	28.5	23.0	5.6	11.3
	December	15.6	30.3	19.6	13.9	5.6	10.7
Mean of site 2		16.0	40.1	25.3	18.0	7.3	12.1
Grand mean		12.0	40.8	28.8	20.2	8.6	11.9
SEM		0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
Effects	Site (A)	***	***	***	***	***	*
	Month (B)	*	***	***	***	***	***
	AxB	***	***	***	***	***	***

Table 2. Means of crude protein (CP), condensed tannins (CT), ether extract (EE) and *in vitro* digestibility of organic matter (IVDOM) of leaf litter fall samples from the Tamaulipan Thornscrub in the state of Nuevo Leon, Mexico. SEM = standard error of the mean. *($P<0.05$); **($P<0.01$); *($P<0.001$).**

Sites	Months	CP, %	CT, %	EE, %	IVDOM, %
Site 1	January	11.9	0.9	3.4	64.8
	February	11.3	1.0	3.9	65.9
	March	8.1	0.6	2.9	60.8
	April	10.5	0.4	2.0	55.1
	May	12.8	0.5	2.3	53.6
	June	11.5	0.8	2.4	63.9
	July	11.3	0.3	2.8	66.3
	August	10.6	1.3	2.1	71.3
	September	11.4	0.1	2.4	67.7
	October	11.0	0.3	1.8	56.1
	November	10.9	0.3	2.4	50.5
	December	9.2	0.4	2.2	69.1

Mean of site 1		10.9		0.8		2.6		62.0
Site 2	January	13.1		0.9		5.3		62.7
	February	13.1		0.7		3.5		65.2
	March	11.1		0.6		3.4		65.4
	April	12.6		0.9		3.6		61.9
	May	12.6		1.0		3.3		61.5
	June	11.9		1.0		2.6		59.3
	July	12.2		0.6		3.2		67.0
	August	12.5		0.1		3.2		75.1
	September	11.6		0.1		3.5		69.0
	October	11.8		0.5		3.1		60.4
	November	11.3		1.1		2.3		52.3
	December	11.2		0.4		2.6		65.4
Mean of site 2		12.1		0.4		3.3		64.0
Grand mean		11.5		0.6		2.9		63.0
SEM		0.1		0.02		0.1		0.5
Effects	Site (A)	***		***		*		*
	Month (B)	***		***		***		***
	AxB	*		*		***		**

Table 3. *In vitro* gas production at 24 h incubation time (Pgas 24h), metabolizable energy (ME) and microbial protein of leaf litter fall samples treated with or without polyethylene glycol (PEG). NS = not significant; * ($P < 0.05$); ** ($P < 0.01$); * ($P < 0.001$).**

Site	Month	Pgas 24h, ml/200 mg		ME, MJ/kg		Microbial protein, μ mol	
		-PEG	+PEG	-PEG	+PEG	-PEG	+PEG
Site 1	January	61.1	69.1	11.2	12.2	9.0	11.9
	February	50.3	57.4	9.7	10.2	8.6	9.3
	March	57.2	65.3	10.4	11.5	7.9	8.9
	April	46.5	51.5	9.2	9.7	14.9	15.4
	May	67.1	74.3	11.9	13.2	15.2	19.0
	June	51.0	55.1	9.8	10.3	13.3	18.5
	July	58.2	66.2	10.8	11.8	13.9	14.8
	August	58.4	63.4	10.5	11.9	11.5	12.4
	September	50.2	56.2	9.6	10.1	9.5	12.4
	October	47.3	51.0	9.2	10.4	11.5	14.9
	November	53.4	56.0	10.0	10.5	10.4	13.2
	December	46.5	52.4	9.0	10.6	11.6	13.2
Mean of site 1		54.2	58.3	10.1	11.0	11.4	13.7
Site 2	January	56.1	59.3	10.7	11.0	10.1	11.4
	February	42.2	52.4	8.6	10.1	11.5	12.9
	March	45.3	56.0	9.0	10.5	10.4	12.6
	April	55.4	66.1	10.4	11.8	12.1	14.2
	May	50.0	56.1	9.0	10.6	12.6	13.4
	June	56.1	59.0	10.5	10.9	8.4	8.7
	July	47.0	53.2	9.3	10.4	12.5	15.7
	August	64.2	76.2	11.5	13.3	14.5	19.5
	September	47.3	54.1	8.6	8.7	12.7	18.5
	October	52.1	57.2	9.4	10.0	10.6	13.1
	November	54.2	58.4	9.2	10.8	11.1	13.5
	December	55.2	59.5	9.1	10.7	11.4	13.1
Mean of site 2		52.1	59.3	9.6	10.7	11.5	13.9
Grand mean		53.2	59.1	9.9	10.9	11.5	13.8
SEM		1.2	1.1	0.3	0.2	0.3	0.3
Effects	Site (A)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Month (B)	***	***	***	***	*	***
	AxB	*	**	*	**	***	***

Table 4. Effects of polyethylene glycol (PEG) on *in vitro* gas production at 24 h incubation time (Pgas 24h), metabolizable energy (ME) and microbial protein of leaf litter fall samples treated with or without polyethylene glycol (PEG). Means in a column with different letter superscripts are different ($P < 0.01$); SEM = standard error of the mean.

	Pgas24h (ml/200 mg)	ME (MJ/kg DM)	Microbial protein (μ mol)
Samples without PEG	53.2 ^b	9.9 ^b	11.5 ^b
Samples with PEG	59.1 ^a	10.9 ^a	13.8 ^a
Mean	56.1	10.4	12.7
SEM	1.1	0.2	0.3

DISCUSSION

Ash content recorded in this study was within the range reported for tree fodders (Ramirez *et al.*, 2010; Dominguez-Gomez *et al.*, 2011; Kasemi *et al.*, 2012). Depending upon the stage of maturity of plant parts or plant species, the NDF content can account for 25-80% of forage DM (Mertens, 2003). In this study, the content of NDF varied from 30.3 to 47.5% DM, and was lower, as expected, in wet months than in dry months. Smith *et al.* (2009) also reported low values of NDF in native foliage samples collected during the dry season. Values of NDF of studied samples (<45%) are sufficient for rumen function maintenance, to stimulate chewing, rumination activities and to establish the optimal ruminal pH and thus the adequate ruminal fermentation (Beauchemin and Yang, 2005).

Evaluated samples had CP contents that may meet or exceed the maintenance requirements for adult range goats and sheep and for gaining body mass of white-tailed deer (7-10%; NRC, 2007). The relatively low CT content of studied samples would indicate that the CT in these plants would not affect the digestion processes. Even, low or moderate consumption of CT can improve ruminal fermentation (Waghorn and McNabb, 2003), mainly due to a reduction in the ruminal degradation of the protein and, hence, this leads to greater availability of AA that are to be absorbed in the small intestine of range ruminants (Juarez *et al.*, 2004). Values of IVOMD are comparable with previous studies (Acero *et al.*, 2010; Melaku *et al.*, 2010). Seasonal variations and spatial differences in IVOMD in samples reflect the differences in their chemical and plant species composition of each site (Gonzalez-Rodriguez *et al.*, 2011). The addition of PEG to shrub foliage results in increased ME values (Salem *et al.*, 2007; Guerrero *et al.*, 2012); nevertheless, values of ME (10 MJ/kg DM) of fallen leaves without PEG in this study may satisfy the requirements of maintenance of range ewes (8.4 MJ/kg DM) and meat does (8.0 MJ/kg DM) in early pregnancy with a single fetus (NRC, 2007). High ME content of studied samples might be due to its high IVOMD (63%).

Differences in gas production at 24 h with or

without PEG may be a result of observed differences in the ash, lignin, ADF and NDF content in studied samples. Moderate gas production at 24 h (53 ml/200 mg) might reflect the values of IVOMD and ME content, even in fallen leaves without PEG. In agreement with our results, Guerrero *et al.* (2012) reported significant differences among shrub foliage treated with or without PEG, which demonstrates the affinity of PEG to bind tannins. Concentrations of MP in leaf litter samples were higher than those reported previously in foliage of native forbs (Guerrero *et al.*, 2010), which might be explained by a good synchronization of fermented soluble carbohydrate ($100 - (\text{NDF} + \text{CP} + \text{EE} + \text{ash}) = 33\%$; NRC, 2001) and CP level (> 11%) during the incubation period in this study. The purines content is an indicator of the yield of microbial protein (Getachew *et al.*, 2000). Microbial protein high values are important because microbial protein represents between 40 and 90% of the AA that reach the small intestine although it may reach 100%. Thus, due to the role of rumen microorganisms in the digestion of cell wall structures and that microbial protein has a high quality, feedstuffs should be selected to allow a maximum microbial growth (Carro, 2001).

It is concluded that because of their high CP, ME, IVOMD and MP content and low NDF and CT content, it seems warranted that fallen litter leaves could be a good source of nutrients to range ruminants. Leaf litter samples in absence of PEG had good nutritional quality; thus, nutritional value of leaf litter is useful not only to those interested in browse for range ruminants (goats, sheep and white-tailed deer) but also for general information of producers or researchers who observe livestock ingesting considerable amounts of fallen browse leaves.

Acknowledgments: This study was supported by the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnologia (CONACYT) that gave the scholarship to the first author to obtain her doctoral degree, by the Programa de Apoyo a la Investigacion, Cientifica y Tecnologica (PAICYT) of Universidad Autonoma de Nuevo Leon (grant No. CN417-10) and by ANKOM Technology, Inc. (Macedon, NY, USA).

REFERENCES

- Acero, A., J.P. Muir, and R.M. Wolfe (2010). Nutritional composition and condensed tannin concentration changes as browse leaves become litter. *J. Science Food Agr.* 90:2582-2595.
- Adesogan, A.T. (2005). Effect of bag type on the apparent digestibility of feeds in ANKOM DaisyII incubators. *Anim. Feed Sci. Technol.* 119:333-344.
- AOAC. (1997). *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, (Gaithersburg, Maryland, USA).
- Beauchemin, K.A., and W.Z. Yang (2005). Effects of physical effective fiber intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *J. Dairy Sci.* 88:2117-2129.
- Carro M.D. (2001). La determinación de la síntesis de proteína microbiana en el rumen: Comparación entre marcadores microbianos (Revision). *Invest. Agr. Prod. Sanid. Anim.* 16:5-27.
- Dominguez-Gomez, T.G, H. Gonzalez-Rodriguez, M. Guerrero-Cervantes, M.A. Cerrillo-Soto, A.S. Juarez-Reyes, M.S. Alvarado, and R.G. Ramirez-Lozano (2011). Polyethylene glycol influence on *in vitro* gas production parameters in four native forages consumed by White-tailed deer. *J. Environ. Forest Sci. XII. Special Edition*, pp. 21-32.
- Getachew, G., H.P.S Makkar, and K. Becker (2000). Effect of polyethylene glycol on *in vitro* degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes. *Br. J. Nutr.* 84:73-83.
- Getachew, G., E.J. DePeters, P.H. Robinson, and J.G. Fadel (2005). Use of an *in vitro* rumen gas production technique to evaluate microbial fermentation of ruminant feeds and its impact on fermentation products. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123/124:547-559.
- Gonzalez-Rodriguez, H., I. Cantu-Silva, M.V. Gomez-Meza, and R.G. Ramirez-Lozano (2004). Plant water relations of thornscrub shrub species, northeastern Mexico. *J. Arid Environ.* 58:483-503.
- Gonzalez-Rodriguez, H., T.G. Domínguez-Gomez, I. Cantú-Silva, M.V. Gómez-Meza, R.G. Ramirez-Lozano, M. Pando-Moreno, and C.J. Fernandez (2011). Litterfall deposition and leaf litter nutrient return in different locations at Northeastern Mexico. *J. Plant Ecol.* 212:1747-1757.
- Guerrero, M, A.S. Juarez, R.G. Ramirez, R. Montoya, O. La O. M. Murillo, and S.M.A. Cerrillo (2010). Chemical composition and protein degradability of native forages of the semiarid region of Northern Mexico. *Cuban J. Agric. Sci.* 44:143-149.
- Guerrero, M., M.A. Cerrillo-Soto, R.G. Ramirez, A.Z.M. Salem, H. Gonzalez-Rodriguez, and A.S. Juarez-Reyes (2012). Influence of polyethylene glycol on *in vitro* gas production profiles and microbial protein synthesis of some shrubs species. *Anim. Feed Sci. Technol.* 176:32-39.
- Juarez, R.A.S., C.G. Nevarez, H.C.A. Meza, and S.M.A. Cerrillo. (2004). Diet composition, intake, plasma metabolites, reproductive, and metabolic hormones during pregnancy in goats under semiarid grazing conditions. *J. Agric. Sci.* 142(6):697-704.
- Kazemi, M., A.M. Tahmasbi, A.A. Naserian, R. Valizadeh, and M.M. Moheghi (2012). Potential nutritive value of some forage species used as ruminants feed in Iran. *African J. Biotechnol.* 11:1210-1217.
- Makkar, H.P.S. (2003). Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effect of feeding tannin-rich feeds. *Small Rumin. Res.* 49:241-256.
- Melaku, S., T. Aregawi, and L. Nigatu (2010). Chemical composition, *in vitro* dry matter digestibility and *in sacco* degradability of selected browse species used as animal feeds under semi-arid conditions in Northern Ethiopia. *Agrofor. Syst.* 80:173-184.
- Menke, K.H., and H. Steingass (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Develop.* 28:7-55.
- Mertens, D.R. (2003). Challenges in measuring insoluble dietary fiber. *J. Anim. Sci.* 81:3233-3240.
- Montgomery, D.C. (2004). *Experimental Designs*. Second ed. Limusa-Wiley. DF, México, pp. 79-81.
- NRC (National Research Council). (2007). *Nutrient requirements of dairy cattle*. Seventh ed. National Academic Press. Washington, DC. p 235.
- NRC (National Research Council). (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids*. Washington DC., pp. 109-136.
- Ramirez, R.G. (1999). Feed resources and feeding techniques of small ruminants under extensive management conditions. *Small Rumin. Res.* 34:215-230.
- Ramirez-Lozano, R.G., H. Gonzalez-Rodriguez, M.V. Gómez-Meza, I. Cantú-Silva, and J.I. Uvalle-Sauceda (2010). Spatio-temporal variations of macro and trace mineral contents in six native plants consumed by ruminants at northeastern

- México. J. Trop. Subtrop. Agroecosyst. 12:267-281.
- Salem, A.Z.M., O.H. Robinson, M.M. El-Adawy, and A.A. Hassan (2007). *In vitro* fermentation and microbial protein synthesis of some browse tree leaves with or without addition of polyethylene glycol. Anim. Feed Sci. Technol. 138:318:330.
- Smith, J.K., J.P. Neel, and E.D. Felton (2009). Utilization of leaf litter as a potential feed source. (abstract). In: Proceedings of the American Society of Animal Science, Midwestern Section Annual Meeting, March 16-18, Des Moines, IA. USA, pp. 136-138.
- SPP-INEGI (1986). Sintesis Geografica del estado de Nuevo Leon. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Geografía e Informática, México, pp. 17-19.
- SPSS (2004). The Statistical Package for the Social Sciences. SPSS Inc. Chicago, Illinois. USA. pp. 176-143.
- Stienen, H., M.P. Smits, N. Reid, J. Landa, and J.H.A. Boerboom (1989). Ecophysiology of 8 woody multipurpose species from semiarid northeastern Mexico. Ann. Sci. Forest. 46:454-458.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis (1991). Methods for dietary, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.
- Waghorn, G.C. and W.C. McNabb (2003). Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. Proc. Nutr. Soc. Cambridge University Press. 62:383-392.

Nutritional profile of leaf litterfall as feed resource for grazing animals in semiarid regions

Rodríguez Santillán P.¹, Guerrero Cervantes M.^{2*}, Ramírez Lozano R.G.¹, Bernal Barragán H.³, González Rodríguez H.⁴, Juárez Reyes A.S.²

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Alimentos. Pedro de Alba y Manuel Barragán S/N, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. 66451, México.

²Universidad Juárez de Estado de Durango, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Km 11.5 Carretera Durango-Mezquital, Durango, 34280, México.

³Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Av. Francisco Villa S/N, Col. Ex-Hacienda el Canadá, Escobedo, N.L. 66450, México.

⁴Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, A.P. 41, Linares, N.L. 67700, México.

Corresponding author: mgc1177@yahoo.com.mx

Abstract: Leaf litterfall samples, monthly collected (2008) in two sites (Crucitas and Campus) at the Tamaulipan Thornscrub vegetation from northeastern Mexico, were subjected to chemical, *in vitro* fermentation assays. Thus, *in vitro* gas production at 24 hours, metabolizable energy and microbial protein synthesis were estimated. The presence of significant interactions for all variables (except the interaction site*month for the ash content) indicated that the studied factors are not independent among them. Considering the whole year and both sites, the neutral detergent fiber content were higher (41.6 vs 33%) and ether extract (3.7 vs 3.3%) in Campus site than in Crucitas site. Conversely, Campus site had higher ash content (13.6 vs 10.0%), crude protein (13 vs 9%), *in vitro* true organic matter digestibility (74 vs 62%), metabolizable energy (11.5 vs 9.5 MJ/kg dry matter), gas production (50 vs 65) and microbial protein (6.0 vs 5.4 μmol) than Crucitas site. In Crucitas site, the lower values for neutral detergent fiber fraction and higher values for crude protein content (28 vs 12.3%) were during the period of January to June, but in Campus site was just the opposite (42% vs 9.0%). It is concluded that the most of samples of litter fall in all months (except for crude protein in Campus site) have a good nutrient concentration and digestibility. Additionally, the estimated annual leaf litter production in Crucitas site and Campus site of 5.1 and 3.8 ton ha⁻¹, respectively is considered as enough biomass availability to meet the maintenance and weight gain requirements in adult range small ruminants.

[Rodríguez Santillán P., Guerrero Cervantes M., Ramírez Lozano R.G., Bernal Barragán H., González Rodríguez H., Juárez Reyes A.S. **Nutritional profile of leaf litterfall as feed resource for grazing animals in semiarid regions.** *Life Sci J* 2015;12(10):54-61]. (ISSN:1097-8135). <http://www.lifesciencesite.com>. 6

Keywords: chemical composition; *in vitro* gas production parameters; leaf litter; Tamaulipan Thornscrub vegetation.

1. Introduction

Litterfall and root systems produced by plants detritus during a period of time, represent a relevant portion of organic matter for the soil (Grayston and Prescott 2005; Rasse et al., 2005). Litter decomposition and the formation of humus are processes that are dependent on vegetation and the quality and quantity of its litter production (Del Valle-Arango 2003). In northeastern Mexico, the litterfall from the Tamaulipan thornscrub vegetation is composed mainly by leaves followed by twigs, reproductive structures and miscellaneous components (Gonzalez-Rodriguez et al. 2011). The annual mean of 4.5 ton ha⁻¹ of leaf litter produced in this region, may serve as an alternative potential feed for range small ruminants during dry periods and scarcity of fodders (Dominguez-Gomez et al. 2011). High consumptions of fallen woody leaves by small ruminants have been indicated (Ramírez-Lozano 2012; Agetsuma et al., 2011). Despite the significance of litter fall as energy-

rich plant materials to be used by faunal populations (Khanna et al., 2009), there is a paucity of scientific information regarding spatio-temporal evaluations of the nutritive value of leaf litterfall in semiarid regions. *In vitro* assays represent a valuable tool to understand the dynamics of rumen fermentation and thus to accurately evaluate the potential feeding value of ruminant feeds (Muetzel et al., 2014). Thus, the aim of this study was to evaluate and to compare in space (sites) and time (months) the chemical composition and the *in vitro* fermentation profile of leaf litter collected in the semiarid regions of northeastern Mexico.

2. Materials y Methods

2.1. Study area

The study was conducted in two undisturbed sites. Crucitas site, was located in the ecotone of a *Quercus* sp. forest (24°46'N; 99°41'W; 550 m above sea level) and the Tamaulipan thornscrub vegetation,

historical accumulated annual rainfall is of 915 mm and the mean annual temperature of 21°C. Campus site, was situated at the Experimental Research Station of the Department of Forest Sciences of the Autonomous University of Nuevo León (24°47' N; 99°32' W; 350 m above the sea level) with dominant vegetation known as Tamaulipan Thornscrub (SPP-INEGI 1986), historical total annual rainfall is of 851 mm and the mean annual temperature of 21.8°C. Both sites were located at Linares County in the state of Nuevo Leon, Mexico. The climate of the region is subtropical and semiarid with warm summer (González-Rodríguez et al. 2013).

The main species observed in Crucitas site were *Cordia boissieri*, *Havaria pallens*, *Randia ragocarpa*, *Sargenta greggii* and *Zantoxylum fagara* among other of less importance. In Campus site were *Acacia amentacea*, *Bernardia myricaefolia*, *Celtis pallida*, *Eysenhardtia polystachya*, *Forestiera angustifolia*, *Havaria pallens*, and *Zanthoxylum fagara* among others of less importance (González Rodríguez et al. 2011).

2.2. Collection of samples

Litter fall samples were collected in ten litter traps (1.0 m²), made of wooden sides fitted with a nylon net bottom (1 mm mesh size) that were randomly scattered in each collection site of about 2500 m². Trap contents were collected monthly from January to December 2008. Litter contents were manually separated into the following classes: leaves, twigs (<2 cm in diameter), reproductive structures (flowers, fruits and seeds) and miscellaneous residues. Due to high volume of the samples, at an initial step, the samples were dried at room temperature and later were placed in an air forced air oven until constant weight. Samples were then ground to pass a 1.0 mm mesh. Only leaf litter samples were subjected to chemical and digestion analysis because leaves were the main component and were present in all months.

2.3. Chemical and in vitro digestion analyses

Leaf litter samples, by triplicate, were analyzed to estimate crude protein (CP), ether extract (EE) and ash contents (AOAC 1997). Neutral detergent fiber (NDFom), acid detergent fiber (ADFom) and acid detergent lignin (ADLsa) were determined according to Van Soest et al. (1991). Cellulose (ADF–lignin) and hemicellulose (NDF–ADF) were obtained by difference. The *in vitro* gas production (GP24_h) in samples was determined using the procedures described by Getachew et al. (2005). The *in vitro* true organic matter digestibility (IVTOMD) in samples was determined in a Daisy^{II} incubator (ANKOM Technology, Macedon, New York, USA) using the technique described by Adesogan (2005). The metabolizable energy (ME) content was calculated in accordance with Menke and Steingass (1988):

$$ME \text{ (MJ/kg dry matter)} = 2.20 + 0.136 \text{ GP}24_h + 0.057 \text{ CP} + 0.0029 \text{ EE}^2$$

Where: GP24_h is gas production after 24 h of incubation (ml gas/200 mg dry matter); CP is the crude protein (g/kg dry matter); and EE is the ether extract (g/kg DM).

The microbial protein (MP) content in fermented samples was determined using the technique described by Makkar (2003).

2.4. Statistical analyses

The chemical composition and digestion data were analyzed using one-way analysis of variance with a bi-factorial arrangement with effects of sites (2), months of the year (12) and the double interaction (Montgomery, 2004). Statistical analyses were performed with the Statistical Package SPSS (2004) version 13, with the model:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + u_{ijk}$$

Where: Y_{ijk} is the measured parameter of the ijk treatment, μ is the overall mean, τ_i and β_j are the effects produced by the factor A (sites) and the factor B (months), respectively; (τβ)_{ij} is the effect produced by the interaction among A×B, and u_{ijk} is the residual error term.

Regression coefficients (R) between the studied parameters were calculated.

3. Results and Discussion

3.1. Chemical composition

Ash content (except for the interaction site*month) was significantly different between sites and among months (Table 1). Samples in Crucitas site had higher ash content (13.6 vs 10%) than in Campus site. From the months of the end of summer until end of winter, ash content was higher in Crucitas site (15%), whereas in Campus site higher values were recorded at the beginning of winter, middle summer and at the end of fall (11%). These values are within the range reported by other authors who evaluated the litterfall in the Tamaulipan Thornscrub (Lopez-Hernandez et al. 2013) and in the Microphyllous Desert Scrub (González-Rodríguez et al. 2013).

Fiber fractions (NDF, ADF, ADL, cellulose and hemicellulose included) were significantly different between sites and among months and the interaction site*month was also significant (Table 1). The NDF content of litter fall was higher in the Campus site (42 vs 33%) than in Crucitas site. Related to months, from January to December, higher values were registered in Campus site except in August. The rest of the NDF components (ADF, ADL, cellulose and hemicellulose) had the same pattern. The NDF in forage could vary from 25 to 80% (Mertens 2003). In this study, the NDF varied from 25 to 46%. Ramirez et al. (2000) reported similar values in native forages collected in northeastern Mexico during the wet season. The NDF

content has relevant implications in rumen functionality. Thus, the values for this variable are adequate to stimulate chewing, ruminal activities and establish an optimum pH for small ruminants (Zhao et al. 2011); resulting in a better environment for digestion of forages in the rumen.

The CP was significantly different between sites and among months and the interaction site*month was also significant (Table 2). The CP of litter fall was higher throughout the year in Crucitas site (13.4 vs. 9.2%) than in Campus site, except in January. Both sites experience the higher values of CP at the end of spring and in summer months (July to September), which are the rainy months in the studied area. Differences in CP of forage content may be due to inherent characteristics of each species related to their ability to extract and accumulate nutrients (Camacho et al., 2010; Safari et al., 2010) in sites of different nature. In general, most of samples had CP values that satisfy and, in some months, exceeded (eg. in Crucitas site) the requirements of maintenance and weight gain in adult range small ruminants (7-12%; NRC, 2007; Yang et al. 2014).

The EE content was affected significantly by sites and among months and the interaction site*month was also significant (Table 1). The EE content was higher in Campus site (3.7 vs 3.2) than in Crucitas site. It is important to notice successive monthly increases and decreases in EE content from February to August in both sites. It seems that differences in chemical composition between sites may be related to differences in the botanical composition between sites, and differences among months may be related to changes in the climatic conditions occurred in the region (Gonzalez-Rodriguez et al., 2011).

3.2. *In vitro* true digestibility

Content of IVTOMD (Table 2) and ME (Table 3) were affected by the studied factors as well as the double interaction (Table 3). The IVTOMD was higher in Crucitas site (74 vs. 62%) than in Campus site, except in September. In the Crucitas site, a progressive decrease throughout January to September (from 82 to 60%) of the IVTOMD was recorded; in contrast, no important variations were observed throughout the year in Campus site (range from 57 to 64%). Al-Masri (2013) who studied five native drought-tolerant range perennial shrub that grow naturally on the south-eastern semi-desert of Syria, reported similar IVTOMD ranges (48-70%). In addition, Alicata et al. (2002) found also comparable values (53-66%) for *Atriplex halimus*.

Crucitas site had higher ME (11.5 vs 9.5 Mj/kg DM) compared to Campus site. Since the IVTOMD and ME content are closely and positively related, ME content of litter fall experience the same monthly

trend that the IVTOMD. Jung and Allen (1995) suggested that the quality of feeds depends primarily on digestibility and ME content; in this regard, values of IVTOMD and consequently ME, are higher (10.6 vs 8.2 MJ ME/kg DM; NRC, 2007) than those required to guarantee the good performance of range small ruminants. Al-Masri (2013) reported a similar ME value in *C. spinosa* (9.1 MJ ME/kg DM). In this study, even though the fiber fractions were not significantly correlated with the IVTOMD and ME, in general, the samples that had lower NDF, ADF and ADL, had higher IVTOMD and ME, which is in agreement with Acero et al. (2010) and Al-Masri (2011) while studying leaves of native shrubs. Thus, leaf litter samples appear to be a good source of ME to the grazing livestock in semiarid regions.

The wide variations in chemical composition throughout the year, sites and species may be explained by soil type, fertility, leaf maturity tissue and botanical composition of the sites (Madibela et al., 2002). Environmental changes also play a capital roll altering the nutritional quality of plants; indeed, high temperatures and the development of water transport system (xylem) in plants increased the fiber content and diminish other valuable nutritional components of foliage (Raven et al., 2005). Additionally, in general the lower biomass production in the Tamaulipan Thornscrub occurs in late winter (60%) and the highest in the last third of the spring (90%) when temperatures are favorable. However, the phenological stages are variable and can produce alternating periods of growth, development and latency (Garcia 1997).

On the other hand, as stated by Navar et al. (2002), the Tamaulipan thornscrub is quite dense and diverse and from the total annual biomass (6.3 ton ha⁻¹) estimated by these authors, the foliage production represents 4.5 ton h⁻¹ year⁻¹ in this area. Thus, the biomass availability in the studied sites support the assertion that this biomass production and chemical composition of studied samples throughout the year, is enough to meet the maintenance and weight gain requirements in adult range small ruminants and white-tailed deer.

3.3. Fermentation parameters

The GP_{24h} and MP values in all samples were significantly different between sites and among months, and the double interaction was significant (Table 3). Crucitas site had higher GP_{24h} (65 vs 50 ml/200 mg) than the Campus site. It seems that the GP_{24h} diminished from January to September in Crucitas site, whereas in Campus site remain relatively stable throughout the year.

The production of gas at 24 hours and the chemical composition of feeds are closely associated with metabolizable energy values measured *in vivo*

(Menke and Steingass, 1988), which is in accordance to the close relationship ($r = 0.89$; data not shown) between *in vitro* gas production and ME content in litter fall samples observed herein. Thus, higher GP_{24h} might support a superior nutritive value of the litter fall samples collected from Crucitas. Values of MP were higher in Crucitas site (5.9 vs 5.4 μmol) compared to Campus site. Higher MP values were recorded in Crucitas site during winter (from January to march), at the beginning of spring (April) and in the fall season (November and December). In terms of ruminant nutrition practices, it is recommended a good conversion of feed into microbial mass in the rumen. Thus, the concept of efficiency in the synthesis of microbial protein implies an efficient use of N and C content of feeds (Van Soest, 1994). In this study, the MP values were higher than values reported by Dominguez-Gomez et al. (2011) and Guerrero-

Cervantes et al. (2012). This fact may be due to the better synchronization between the fermentable soluble carbohydrates (FSC) = $100 - (\text{NDF} + \text{CP} + \text{ash})$ and the CP content during the *in vitro* incubation period of samples. In Crucitas site, the relationship was 39.7% and 13.6% (ratio = 2.9), whereas in Campus site was 38.1% and 9.2% (ratio = 4.1), respectively. In this way, it is commonly accepted that the maximum fermentation is achieved when forages or diets contain 37% or more of FSC (Stokes et al., 1991; NRC, 2001). Since the greater ruminal microbial protein production promotes a greater flow of protein to the duodenum, thus, forages that promote greater ruminal microbial protein synthesis are important to support productivity in grazing ruminants (Carro, 2001). In this study none of studied parameters were significantly correlated.

Table 1. Monthly means of the chemical composition (% dry matter) of leaf litter samples

Sites		Ash	NDF	ADF	ADL	Cellulose	Hem
Crucitas	January	15.0	29.4	19.1	8.0	11.2	10.3
	February	14.7	31.7	19.2	8.3	10.9	12.5
	March	12.0	30.6	22.0	10.4	11.7	8.8
	April	13.1	25.2	16.3	6.8	9.5	8.9
	May	12.4	25.8	17.4	7.0	10.4	8.1
	June	12.9	27.7	19.4	9.0	10.4	8.4
	July	13.0	34.9	23.9	10.0	13.9	11.0
	August	12.2	40.5	27.7	12.6	15.1	12.8
	September	14.1	40.9	29.4	14.2	15.2	11.4
	October	14.3	38.9	30.2	13.6	16.6	8.7
	November	14.1	35.2	25.7	11.1	14.5	9.5
	December	16.0	35.6	25.0	12.6	12.4	10.5
Mean site		13.7	33.0	22.9	10.3	12.7	10.1
Campus	January	10.8	41.6	29.4	14.7	14.7	12.2
	February	10.9	45.8	32.8	17.4	15.4	12.9
	March	9.5	41.9	29.9	11.5	18.5	11.7
	April	10.3	43.3	30.6	12.8	17.8	12.6
	May	8.3	43.1	30.2	14.7	15.5	12.9
	June	9.3	39.5	27.9	12.4	15.5	11.6
	July	10.1	40.7	28.8	13.3	15.6	11.9
	August	11.0	39.3	27.7	14.0	13.6	11.6
	September	9.2	43.3	30.9	15.6	15.3	12.4
	October	10.3	40.5	27.1	11.4	15.7	13.4
	November	9.4	40.7	27.0	12.0	15.0	13.7
	December	10.8	40.3	26.4	12.7	14.7	13.8
Mean site		10.0	41.7	29.1	13.5	15.6	12.6
Total mean		11.8	37.3	26.0	11.8	14.1	11.3
SEM		0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
		Probability					
Effects	Sites (A)	***	***	***	***	***	***
	Month (B)	*	***	***	***	***	***
	A x B	NS	***	***	***	***	***

SEM = standard error of the mean; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber; ADL = acid detergent lignin; Hem = hemicellulose; *($P < 0.05$); ***($P < 0.001$); NS = no significant

Table 2. Monthly contents of crude protein (CP, % DM), ether extract (EE, % DM) and *in vitro* organic

matter digestibility (IVTOMD, % DM) of leaf litter samples

Sites	Months	CP	EE	IVTOMD
Crucitas	January	9.0	4.4	81.9
	February	10.8	2.9	77.4
	March	12.0	4.0	78.6
	April	11.0	2.5	84.3
	May	14.3	3.9	75.0
	June	16.9	2.3	79.6
	July	14.9	4.0	76.0
	August	13.7	2.3	67.4
	September	14.1	5.5	60.0
	October	14.3	2.6	65.0
	November	14.4	2.4	71.5
	December	15.1	2.6	71.4
Mean site		13.6	3.3	74.0
Campus	January	10.8	3.1	61.3
	February	8.3	3.2	57.3
	March	8.2	4.1	58.2
	April	6.9	3.2	58.5
	May	12.2	4.9	60.4
	June	7.6	3.3	64.9
	July	9.1	4.6	64.5
	August	11.9	3.3	64.3
	September	9.1	3.8	61.5
	October	8.9	3.4	62.1
	November	8.7	4.6	64.4
	December	9.2	3.8	64.6
Mean site		9.2	3.7	61.8
Total mean		11.3	3.5	67.9
SEM		0.2	0.1	0.5
		Probability		
Effects	Sites (A)	***	***	***
	Month (B)	***	***	***
	A x B	***	***	***

SEM = standard error of the mean; ***(P<0.001).

Table 3. Monthly means of the in vitro gas production (GP 24h, ml/200 mg), metabolizable energy (ME, MJ/kg) and microbial protein (MP, μ mol) of leaf litter samples

Sites	Months	GP _{24h}	ME	MP
Crucitas	January	76	13.1	7.6
	February	70	12.4	8.1
	March	78	13.4	6.7
	April	89	13.5	9.7
	May	68	9.9	5.6
	June	70	12.2	3.7
	July	71	12.3	6.0
	August	53	12.4	6.7
	September	44	8.8	5.7
	October	52	9.8	4.0
	November	59	10.8	3.5
	December	52	9.9	4.4
Mean site		65.2	11.5	6.0

Sites	Months	GP _{24h}	ME	MP
Campus	January	45	9.0	5.9
	February	44	8.7	5.3
	March	50	9.5	6.2
	April	46	8.0	6.2
	May	50	9.7	5.9
	June	59	10.8	6.6
	July	57	10.5	6.1
	August	54	10.0	5.3
	September	52	9.8	7.3
	October	53	10.0	4.3
	November	50	9.5	2.4
	December	44	8.8	4.0
Mean site		50.3	9.5	5.5
Total mean		58	10.6	5.9
SEM		0.9	0.1	0.1
		Probability		
Effects	Sites (A)	***	***	***
	Month (B)	***	***	***
	A x B	***	***	***

SEM = standard error of the mean; ***($P \leq 0.001$).

4. Conclusion

Data related to important biomass production as well as crude protein, *in vitro* organic matter digestibility, gas production at _{24h}, microbial protein synthesis and metabolizable energy and low content of cell wall constituents; support the potential of leaf litter for range small ruminants in semiarid regions of northeastern Mexico, mainly in site 1. Knowledge on the nutritional attributes of leaf litter of the Tamaulipan Thornscrub vegetation may become a useful tool for those interested in range small ruminant nutrition practices, with economic benefits with a reduction in the cost of the rations.

References

- Acero A, Muir JP, Wolfe RM. 2010. Nutritional composition and condensed tannin concentration changes as browse leaves become litter. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90:2582-2595.
- Adesogan AT. 2005. Effect of bag type on the apparent digestibility of feeds in ANKOM DaisyII incubators. *Animal Feed Science and Technology* 119:333-344.
- Agetsuma N, Agetsuma-Yanagihara V, Takafumi H. 2011. Mammalian Biology. Food habits of Japanese deer in an evergreen forest: Litter-feeding deer. Hokkaido University.
- Alicata ML, Amato G, Bonanno A, Giambalvo D, Leto G. 2002. In vivo digestibility and nutritive value of *Atriplex halimus* alone and mixed with wheat straw. *Journal of Agricultural Science* 139:139-142.
- Al-Masri MR. 2011. Evaluation of some drought-tolerant native range plants in terms of their nutritive components and *in vitro* digestible organic matter and metabolizable energy. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 88:61-68.
- Al-Masri MR. 2013. Nutritive evaluation of some native range plants and their nutritional and anti-nutritional components. *Journal of Applied Animal Research* 41:427-431.
- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, (Gaithersburg, Maryland, USA).
- Camacho, L.M., Rojo, R., Salem, A.Z.M., Provenza, F.D., Mendoza, G.D., Avilés, F., Montañez-Valdez, O.D., 2010. Effect of season on chemical composition and *in situ* degradability in cows and in adapted and unadapted goats of three Mexican browse species. *Animal Feed Science and Technology* 155:206-212.
- Carro MD. 2001. La determinación de la síntesis de proteína microbiana en el rumen: Comparación entre marcadores microbianos (Revisión). *Investigaciones Agropecuarias: Producción y Sanidad Animal* 16:5-27.
- Del Valle Arango JI. 2003. Cantidad, calidad y nutrimentos reciclados por la hojarasca fina de bosques pantanosos del pacifico sur Colombiano. *Interciencia* 28:443-449.
- Domínguez-Gómez TG, Guerrero-Cervantes M, Cerrillo-Soto MA, Juárez-Reyes AS, Ramírez Lozano RG, González Rodríguez H, Cantú-Silva I, Alvarado M del S. 2011. Polyethylene glycol influence on *in vitro* gas production

- parameters in four native forages consumed by white-tailed deer. *Forest and Environmental Sciences* 17: 21-32.
12. García LC. 1997. Phenological and grow studies of eleven plant species from the Tamaulipan Thornscrub vegetation. Doctoral Thesis. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. p.92
 13. Getachew G, DePeters EJ, Robinson PH, Fadel JG. 2005. Use of an *in vitro* rumen gas production technique to evaluate microbial fermentation of ruminant feeds and its impact on fermentation products. *Animal Feed Science and Technology* 123/124:547-559.
 14. Gonzalez-Rodriguez H, Dominguez-Gomez TG, Cantú-Silva I, Gómez-Meza MV, Ramírez-Lozano RG, Pando-Moreno M, Fernández CJ. 2011. Litter fall deposition and leaf litter nutrient return in different locations at Northeastern Mexico. *Journal of Plant Ecology* 212:1747-1757.
 15. González Rodríguez H, Ramírez Lozano RG, Cantú Silva I, Gómez Meza MV, Cotera Correa M, Carrillo Parra A, Marroquín Castillo JJ. 2013. Litter fall production and nutrient returns through leaves in a microphyllous desert scrubland, northeastern Mexico. *Forest and Environmental Sciences* 19:249-262.
 16. Grayston SJ, Prescott CE. 2005. Microbial communities in forest floors under four tree species in coastal British Columbia. *Soil Biology and Biochemistry* 37:1157-1167.
 17. Guerrero-Cervantes M, Cerrillo-Soto MA, Ramirez RG, Salem AZM, Gonzalez-Rodriguez H, Juárez-Reyes AS. 2012. Influence of polyethylene glycol on *in vitro* gas production profiles and microbial protein synthesis of some shrubs species. *Animal Feed Science and Technology* 176:32-39.
 18. Jung HG, Allen MS. 1995. Characteristics of plant cell wall affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*. 73,2774-2790.
 19. Khanna PK, Fortmann H, Meesenburg H, Eichhorn J, Meiwes KS. 2009. Biomass and element content of foliage and above ground litter fall on the three long-term experimental beech sites: dynamics and significance. In: Brume R, Khanna PK (eds). *Functioning and management of European Beech Ecosystems*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Pag 183-206.
 20. López-Hernandez JM, González H, Ramírez RG, Cantú I, Gómez MV, Pando M, Estrada AE. 2013. Litterfall production and potential return of nutrients in three sites of the state of Nuevo Leon, Mexico. *Polibotánica* 35:41-64.
 21. Madibela OR, Boitumelo WS, Manthe C, Raditedu I. 2002. Chemical composition and *in vitro* dry matter digestibility of local landraces of sweet sorghum in Botswana. *Livestock Research for Rural Development* 14:1-6.
 22. Makkar HPS. 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual. Kluwer Academic Publishers, Netherlands p. 120.
 23. Menke KH, Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development* 28:7-55.
 24. Mertens DR. 2003. Challenges in measuring insoluble dietary fiber. *Journal of Animal Science* 81:3233-3240.
 25. Montgomery DC (2004) *Experimental Designs*. Second ed. Limusa-Wiley. DF, México pp. 79-81.
 26. Muetzel S, Hunt C, Tavendale MH. 2014. A fully automated incubation system for the measurement of gas production and gas composition. *Animal Feed Science and Technology*. 196:1-11.
 27. Nívar J, Méndez E, Dale V. 2002. Estimating stand biomass in the Tamaulipan thornscrub of northeastern Mexico. *Annals of Forest Science* 59:813-821.
 28. NRC (National Research Council) 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids*. Washington DC pp. 109-136.
 29. NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. Seventh ed. National Academic Press, Washington, DC p. 235.
 30. Prause J, Palma RM, Adámoli JM. 1997. Aporte de las principales especies forestales a la dinámica de la materia orgánica y de los nutrimentos en un monte nativo del parque chaqueño húmedo. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Escuela para Graduados, Magister Sienta Área Ciencias del Suelo, Buenos Aires Argentina p. 205.
 31. Ramírez RG, Neira-Morales RR, Ledezma-Torres RA, Garibaldi-González CA. 2000. Ruminant digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Ruminant Research* 36:49-55.
 32. Ramírez-Lozano RG. 2012. *Alimentación Del Venado Cola Blanca: Biología y Ecología Nutricional*. Editorial Palibrio, USA p. 135-155.
 33. Resse DP, Rumpel C, Dignac MF. 2005. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilization. *Plant and Soil* 269:341-356.
 34. Raven PH, Evert F, Eichhorn SE. 2005. *Biology of Plants (7th Edition)*. W.H. Freeman & Company, New York pp. 133-135.

35. Safari J, Mushi DE, Kifaro GC, Mtenga LA, Eik LO. 2011. Seasonal variation in chemical composition of native forages, grazing behavior and some blood metabolites of Small East African goats in a semi-arid area of Tanzania. *Animal Feed Science and Technology* 164:62-70.
36. SPP-INEGI 1986. *Synthesis Geographic of the State of Nuevo Leon*. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Geografía e Informática, México p. 17-19.
37. SPSS2004. *The Statistical Package for the Social Sciences*. SPSS Inc. Chicago, Illinois. USA p. 176.
38. Stokes SR, Hoover WH, Miller TK, Manski RP. 1991. Impact of Carbohydrate and Protein Levels on Bacterial Metabolism in Continuous Culture. *Journal of Dairy Science* 74:860-870.
39. VanSoest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.
40. Van Soest PJ. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd ed. Cornell University Press. Ithaca. NY.
41. Zhao XH, Zhang T, Xu M, Yao JH. 2011 Effects of physically effective fiber on chewing activity, ruminal fermentation, and digestibility in goats. *Journal of Animal Science* 89:501-509.
42. Yang, SY, Oh YK, Ahn HS, Kwak WS. 2014. Maintenance Crude Protein Requirement of Penned Female Korean Spotted Deer (*Cervus nippon*). *AsianAustralasianJournal of Animal Science* 27:30-35.

9/28/2015