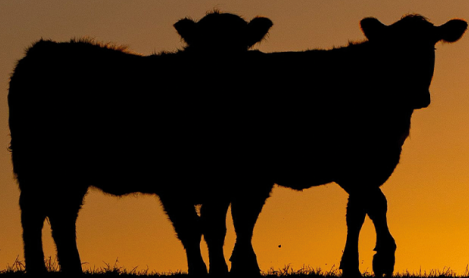


Daniel Rodríguez Tenorio
Luis Humberto Díaz García
Alberto Muro Reyes
Alejandro Espinoza Canales
Luis Cuauhtémoc Muñoz Salas
Regina Compeán González

LOS PASTIZALES Y LA SELECTIVIDAD DE LOS RUMIANTES



Atena
Editora
Año 2024



Daniel Rodríguez Tenorio
Luis Humberto Díaz García
Alberto Muro Reyes
Alejandro Espinoza Canales
Luis Cuauhtémoc Muñoz Salas
Regina Compeán González

LOS PASTIZALES Y LA SELECTIVIDAD DE LOS RUMIANTES



Atena
Editora
Año 2024



Editora jefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora ejecutiva

Natalia Oliveira

Asistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecario

Janaina Ramos

Proyecto gráfico

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

Imágenes de portada

iStock

Edición de arte

Luiza Alves Batista

2024 por Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2024 El autor

Copyright de la edición © 2024 Atena Editora

Derechos de esta edición concedidos a Atena Editora por el autor.

Open access publication by Atena Editora



Todo el contenido de este libro tiene una licencia de Creative Commons Attribution License. Reconocimiento-No Comercial-No Derivados 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

El contenido del texto y sus datos en su forma, corrección y confiabilidad son de exclusiva responsabilidad del autor, y no representan necesariamente la posición oficial de Atena Editora. Se permite descargar la obra y compartirla siempre que se den los créditos al autor, pero sin posibilidad de alterarla de ninguna forma ni utilizarla con fines comerciales.

Los manuscritos nacionales fueron sometidos previamente a una revisión ciega por pares por parte de miembros del Consejo Editorial de esta editorial, mientras que los manuscritos internacionales fueron evaluados por pares externos. Ambos fueron aprobados para su publicación en base a criterios de neutralidad académica e imparcialidad.

Atena Editora se compromete a garantizar la integridad editorial en todas las etapas del proceso de publicación, evitando plagios, datos o entonces, resultados fraudulentos y evitando que los intereses económicos comprometan los estándares éticos de la publicación. Las situaciones de sospecha de mala conducta científica se investigarán con el más alto nivel de rigor académico y ético.

Consejo Editorial

Ciencias Biológicas y de la Salud

Profª Drª Aline Silva da Fonte Santa Rosa de Oliveira – Hospital Federal de Bonsucesso

Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília

Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Bruno Edson Chaves – Universidade Estadual do Ceará

Profª Drª Camila Pereira – Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto

Prof. Dr. Cláudio José de Souza – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí

Profª Drª Danyelle Andrade Mota – Universidade Tiradentes

Prof. Dr. Davi Oliveira Bizerril – Universidade de Fortaleza

Profª Drª. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Guillermo Alberto López – Instituto Federal da Bahia

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Delta do Parnaíba – UFDPAr

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Kelly Lopes de Araujo Appel – Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal

Profª Drª Larissa Maranhão Dias – Instituto Federal do Amapá

Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Luciana Martins Zuliani – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Max da Silva Ferreira – Universidade do Grande Rio

Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Renato Faria da Gama – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Profª Drª Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará

Profª Drª Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Taísa Ceratti Treptow – Universidade Federal de Santa Maria

Profª Drª Thais Fernanda Tortorelli Zarili – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade Federal de Itajubá

Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Los pastizales y la selectividad de los rumiantes

Diagramación: Camila Alves de Cremona
Corrección: Yaidy Paola Martínez
Indexación: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisión: Os autores
Organizadores: Daniel Rodríguez Tenorio
Luis Humberto Díaz García
Alberto Muro Reyes
Alejandro Espinoza Canales
Luis Cuauhtémoc Muñoz Salas
Regina Compeán González

| Datos de catalogación en publicación internacional (CIP) | |
|--|---|
| P291 | <p>Los pastizales y la selectividad de los rumiantes / Daniel Rodríguez Tenorio, Luis Humberto Díaz García, Alberto Muro Reyes, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.</p> <p>Otros autores Alejandro Espinoza Canales Luis Cuauhtémoc Muñoz Salas Regina Compeán González</p> <p>Formato: PDF Requisitos del sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acceso: World Wide Web Incluye bibliografía ISBN 978-65-258-3031-5 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.315241212</p> <p>1. Ciencias agrícolas. I. Tenorio, Daniel Rodríguez. II. García, Luis Humberto Díaz. III. Reyes, Alberto Muro. IV. Título. CDD 630</p> |
| Preparado por Bibliotecario Janaina Ramos – CRB-8/9166 | |

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARACIÓN DEL AUTOR

Para efectos de esta declaración, el término 'autor' se utilizará de forma neutral, sin distinción de género o número, salvo que se indique lo contrario. De esta misma forma, el término 'obra' se refiere a cualquier versión o formato de creación literaria, incluidos, pero no limitando a artículos, e-books, contenidos en línea, de acceso abierto, impresos y/o comercializados, independientemente del número de títulos o volúmenes. El autor de esta obra: 1. Atestigua que no tiene ningún interés comercial que constituya un conflicto de intereses en relación con la obra publicada; 2. Declara que participó activamente en la elaboración de la obra, preferentemente en: : a) Concepción del estudio, y/o adquisición de datos, y/o análisis e interpretación de datos; b) Preparación del artículo o revisión con el fin de que el material sea intelectualmente relevante; c) Aprobación final de la obra para su presentación; 3. Certifica que la obra publicada está completamente libre de datos y/o resultados fraudulentos; 4. Confirma la citación y referencia correcta de todos los datos e interpretaciones de datos de otras investigaciones; 5. Reconoce haber informado todas las fuentes de financiamiento recibidas para realizar la investigación; 6. Autoriza la edición de la obra, que incluye registros de la ficha catalográfica, ISBN, DOI y otros indexadores, diseño visual y creación de portada, maquetación del núcleo, así como su lanzamiento y difusión según los criterios de Atena Editora.

DECLARACIÓN DE LA EDITORIAL

Atena Editora declara, para todos los efectos legales, que: 1. La presente publicación sólo constituye una cesión temporal de los derechos de autor, del derecho de publicación, y no constituye responsabilidad solidaria en la creación de la obra publicada, en los términos de la Ley de Derechos de Autor (Ley 9610/98), del art. 184 del Código Penal y del art. 927 del Código Civil; 2. Autoriza e incentiva a los autores a firmar contratos con repositorios institucionales, con el fin exclusivo de divulgar la obra, siempre que se reconozca debidamente la autoría y edición y sin ningún fin comercial; 3. La editorial puede poner la obra a disposición en su sitio web o aplicación, y el autor también puede hacerlo a través de sus propios medios. Este derecho solo se aplica en caso de que la obra no se comercialice a través de librerías, distribuidores o plataformas asociadas. Cuando la obra se comercialice, los derechos de autor se cederán al autor al 30% del precio de cubierta de cada ejemplar vendido; 4. Todos los miembros del consejo editorial son doctores y están vinculados a instituciones públicas de educación superior, conforme a lo recomendado por CAPES para la obtención del libro Qualis; 5. De conformidad con la Ley General de Protección de Datos (LGPD), la editorial no cede, comercializa o autoriza el uso de los nombres y correos electrónicos de los autores, ni ningún otro dato sobre los mismos, para cualquier finalidad que no sea la divulgación de esta obra.

El presente libro se ha elaborado con la finalidad de hacer una aportación bibliográfica sobre la nutrición en agostaderos en esta disciplina académica que carece de información necesaria para los estudiantes de pre y posgrado de las carreras afines a la producción y a la salud animal, así como de investigadores que transitan esta gran área del conocimiento, esperando contribuir con una fuente de información al logro de nuevos conocimientos, que fortalezcan la nutrición en agostaderos.

La ganadería es la actividad dedicada a la crianza del conjunto de especies animales para sacar provecho de estos y sus productos derivados, así como la propia explotación del ganado. Sin embargo, cuando se trata correlacionarla con el aprovechamiento de los recursos naturales, en el norte de México.

La nutrición animal, tiene como objetivo satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales domésticos, en cantidad y calidad, para que puedan alcanzar los mejores parámetros productivos y reproductivos de una manera óptima, manifestando todo el potencial genético que aporten, según su especie y fase productiva, por lo que se debe de enfocar en un mejoramiento continuo de las condiciones de los animales, que satisfaga sus requerimientos nutricionales.

La buena alimentación de los animales puede satisfacer las necesidades de mantenimiento y producción, por lo que se hace mas trascendente, conocer cada uno de los nutrientes básicos que se encuentran en el pastizal, así como de sus fuentes. La nutrición animal en agostaderos se dedica al estudio de la alimentación de los animales, además de conservar su salud, desde la maximización de la conversión del alimento que obtiene el animal en el agostadero, carne u otro producto que se desee obtener hasta el grado de impacto que producen los animales en el ambiente.

Los animales en pastoreo, como todos los seres vivos, deben tomar del pastizal el alimento necesario para mantener sus estructuras y realizar sus funciones de mantenimiento y producción. Estas sustancias reciben el nombre de nutrientes y el conjunto de proceso que llevan a cabo para obtenerlas y utilizarlas.

En base a lo anteriormente expuesto, el presente libro aporta los elementos básicos y necesarios como el comumo voluntario de los rumiantes en pastoreo, la composición botánica y el valor nutricional de la dieta del ganado, los componentes químicos de los forrajes, así como el manejo de los animales en pastoreo.

| | |
|--|----|
| Introducción | 1 |
| Los recursos naturales y su deterioro | 3 |
| Pastizal mediano abierto..... | 6 |
| Composición botánica y valor nutricional | 7 |
| Consumo voluntario de forraje | 9 |
| Hábitos de pastoreo | 11 |
| Rumiantes..... | 13 |
| Características anatómicas digestivas..... | 13 |
| Características fisiológicas | 14 |
| Hábitat | 14 |
| Clasificación sistemática | 14 |
| Consumo voluntario | 15 |
| Cantidad del bocado por hora | 21 |
| Peso del bocado | 22 |
| Volumen del bocado | 22 |
| Fisiología del consumo animal y digestión microbiana..... | 22 |
| Bacterias..... | 27 |
| Hongos | 28 |
| Protozoarios..... | 28 |
| Hábitos de comportamiento del bovino | 29 |
| Preferencia por sitio | 30 |
| Preferencia por tipos de vegetación | 30 |
| Métodos para medir los hábitos de pastoreo (observaciones visuales)..... | 31 |
| Factores ambientales | 31 |
| Tiempo de pastoreo | 34 |
| Calidad y cantidad de forraje | 34 |
| Regiones de clima frío | 35 |

| | |
|--|----|
| Climas | 35 |
| La velocidad de consumo | 35 |
| Patrón de pastoreo | 35 |
| Sistemas de pastoreo | 39 |
| Pastoreo continuo | 39 |
| Pastoreo de corta duración | 40 |
| Composición botánica, selectividad de la dieta e impacto del pastoreo... | 40 |
| Composición botánica de la dieta de los animales en pastoreo..... | 41 |
| Técnicas de utilización (método de conteo de bocados)..... | 41 |
| Pastoreo selectivo por los animales..... | 43 |
| Factores que afectan la selectividad | 43 |
| Métodos de muestreo de la dieta | 44 |
| Método de simulación por cortes hechos a mano..... | 44 |
| Composición química y valor nutricional de la dieta y consumo..... | 46 |
| Componentes químicos | 47 |
| Materia seca | 47 |
| Fibra | 47 |
| Fibra efectiva..... | 49 |
| Lignina | 49 |
| Proteína..... | 50 |
| Extracto etéreo (ee) | 51 |
| Energía..... | 51 |
| Caroteno | 51 |
| Cenizas | 52 |
| Fósforo..... | 52 |
| Digestibilidad | 52 |
| Factores que afectan la digestibilidad | 52 |

| | |
|--|----|
| Factores que afectan el valor nutritivo del forraje..... | 53 |
| Estado fenológico..... | 53 |
| Condiciones edáficas..... | 55 |
| Condiciones climáticas..... | 55 |
| Especies de plantas | 56 |
| Condición de pastizal..... | 57 |
| Composición nutricional de los forrajes | 58 |
| Utilización de la proteína por los rumiantes | 58 |
| Partes de las plantas | 64 |
| Edad de las plantas | 65 |
| Grupo de plantas y estación del año | 65 |
| Sitios de suelo y pastizal | 66 |
| Compuestos antinutricionales | 66 |
| Especies de ganado doméstico y fauna silvestre..... | 67 |
| Manejo de animales en pastoreo | 68 |
| Gasto energético de los bovinos en pastoreo | 68 |
| Actividad en pastoreo | 69 |
| Distancia recorrida..... | 69 |
| Antecedentes del costo de la actividad | 70 |
| Tiempo de pastoreo | 70 |
| Costo de la actividad según calorimetría | 70 |
| Conclusiones | 71 |
| Literatura citada | 71 |
| Sobre el autor | 86 |

INTRODUCCIÓN

La Ganadería extensiva es una de las actividades primarias del norte de México. Sin embargo, también es una de las menos reguladas, sobre todo a nivel del manejo de agostaderos a tal grado que en la actualidad la falta de ordenamiento en esta actividad ha puesto en riesgo la permanencia física de recursos naturales vitales y del ambiente que estos proveen. Los pastizales representan la mayor fuente de forraje para la ganadería extensiva de bovinos (Rzedowski, 2005). También, los pastizales juegan un papel importante en la conservación del suelo, calidad del agua y hábitat de la flora y fauna. Sin embargo, la degradación de los agostaderos es un problema que se ha incrementado en México (CONAZA, 1994) al igual que en todo el mundo.

La importancia de las tierras de pastoreo como base de la alimentación de los animales, es evidente si consideramos que en promedio el 75% de los alimentos para el ganado, a nivel mundial, lo proporcionan las tierras de pastizales. En México las tierras de pastizales proporcionan el 95% del alimento del ganado, de las cuales el 70% de estas tierras se encuentran en las zonas áridas y semiáridas del país. En Europa este porcentaje es estimado en 50% (COTECOCA, 1980).

En México, la producción de ganado bovino, destaca entre una de las actividades de mayor interés socio económico por ser una opción capaz de utilizar los forrajes producidos por las diferentes fuentes de pastizal y de las áreas agrícolas, que provienen de una superficie aproximada de 80 millones de hectáreas localizadas en las zonas árida y semiárida. Por ello, todo esfuerzo que se realice para lograr, conservar y mejorar los pastizales, se reflejará en beneficios y conservación del ecosistema del pastizal (Herrera *et al.*, 1993).

Por otro lado, en el norte de México existe una gran diversidad de comunidades vegetales, que son consumidas por los animales domésticos y la fauna silvestre. Consecuentemente, la ganadería de tipo extensivo representa una actividad importante, que requiere de investigación para hacerla eficiente (Chávez *et al.*, 1983).

En la actualidad los pastizales áridos y semiáridos de la región Norte-Centro de México, genera bajos niveles de ingresos económicos y de calidad de vida de sus habitantes; lo cual en gran medida es ocasionado por la baja productividad del pastizal, debido al deterioro de los recursos naturales (Chávez *et al.*, 1983).

Por consiguiente, la baja condición de los pastizales del Norte-Centro de México, obliga a los productores de estas áreas a complementar la dieta del ganado durante la época de primavera hasta el inicio de la estación de lluvias, lo cual incrementa los costos de producción animal.

En caso de no realizarlo, existen riesgos de pérdida de los animales o bien de sobre utilizar los recursos naturales del pastizal, repercutiendo en la disminución de condición de los sitios del pastizal (Gutiérrez, 1982).

Con respecto al deterioro de la condición de los pastizales, este es el resultado de una ancestral sobre-utilización de los recursos; ejemplo de ello, son el desmonte, tierras abiertas al cultivo y entre otras no menos importante, el sobrepastoreo. En las últimas décadas, en México, la sobre-utilización de los pastizales ha aumentado, situación que no es ajena específicamente para la región Norte- Centro de México. (SAGARPA, 2004).

En el estado de Zacatecas, México, los pastizales son la principal fuente de alimento para el ganado; de la superficie estatal correspondiente a 7.5 millones de hectáreas el 70 % es superficie de pastizal representada por comunidades vegetales como: matorral micrófilo, matorral rosetófilo, matorral amacollado, pastizal mediano abierto y selva baja caducifolia, entre otras comunidades vegetales importantes en el estado (COTECOCA, 1980).

Con relación a la capacidad de carga de los pastizales, esta es variable ya que aún dentro de una misma comunidad vegetal, se tiene un rango desde 5 a 20 ha por unidad animal (UA) al año. Sin embargo, las estimaciones con base al inventario de ganado en el estado de Zacatecas, indica que este rebasa hasta en 3.5 veces mas la capacidad que el pastizal tiene para sustentarlo (COTECOCA, 1980).

Según la Comisión Técnico Consultiva para la determinación de Coeficientes de Agostaderos (COTECOCA, 1980), la capacidad promedio de los pastizales en esta región era de alrededor de 350 mil unidades animal, sin embargo, la SAGARPA (2004) indica que actualmente en Zacatecas, se tiene una carga animal alrededor de 800 mil unidades animal.

El inventario ganadero del Estado de Zacatecas cuenta con 955,007 cabezas de ganado bovino, de las cuales 866, 025 corresponden a ganado productor de carne y 88,982 a ganado productor de leche. Además, el Estado de Zacatecas cuenta con una superficie de 7.5 millones de ha, de las cuales 5.5 son destinadas para el pastoreo directo del ganado. Para el 2004, se reporta una población ganadera de 1'200,872 en unidades animal (U.A.) (SAGARPA, 2004).

La carga animal supera en aproximadamente 80% más la capacidad de carga animal máxima estimada de estos recursos. Sin duda, dicha presión ha acelerado el deterioro de los recursos naturales como: agua, suelo y planta, ya que uno de los efectos del sobrepastoreo es que las plantas no disponen el tiempo requerido para recuperarse del uso y con ello los suelos quedan desprotegidos, exponiéndose a pérdidas por impacto del agua de lluvia (Serna y Echavarría, 2002).

La alimentación del ganado bovino es uno de los factores más importantes, ya que de esto depende en gran parte la producción por unidad animal y la rentabilidad de los sistemas de producción. Los forrajes son la principal fuente de alimentación y son necesarios en la dieta basal, por ello, a nivel mundial han tomado gran importancia, reasignando su valor biológico de manera integral a los rumiantes (Vallentine, 1990).

Existen cuatro grandes componentes que se encuentran íntimamente relacionados entre sí y que se consideran fundamentales, para comprender mejor el ganado en

apacentamiento y el diseño adecuado de los sistemas de pastoreo del ganado: (1) El comportamiento animal; (2) La selección de la dieta; (3) El consumo voluntario de forraje y (4) La suplementación nutricional.

Por lo que resulta de importancia fundamental el conocimiento de la selección, calidad y estimación del consumo voluntario de la dieta del ganado en pastoreo, así como los hábitos del ganado (Chávez *et al.*, 1986).

Como componentes básicos para el entendimiento de la nutrición de animales en pastoreo, así como para el manejo de los pastizales de una forma integral, y poder realizar un uso sustentable y sostenido del pastizal (Herrera *et al.*, 1993)

LOS RECURSOS NATURALES Y SU DETERIORO

Bradshaw *et al.*, (1986) consideran a un ecosistema degradado como aquel en el que se reduce la entrada de energía o se incrementa la pérdida de energía por causas humanas o naturales. Mc Govern *et al.*, (1988) conceptúan la degradación ambiental como una alteración en los ecosistemas que reduce de manera efectiva la productividad de la tierra. Graham (1992) define la degradación como una disminución en la condición o calidad de la tierra como consecuencia de su uso, y relaciona directamente a las actividades productivas con el deterioro ambiental.

Bilsborrow, 1993 Reconoce tres tendencias ambientales en áreas rurales relacionadas con el deterioro: deforestación, desertificación y erosión del suelo, ejemplificando con casos en América Latina y en África. Mencionan que los procesos demográficos influyen en el deterioro ambiental mediante variables que intervienen en el uso de la tierra, pero sin atribuir relaciones directas.

El fenómeno de desertificación se asocia frecuentemente con deterioro. Inicialmente se consideraba como un proceso indicador de patrones de uso y “degradación” de la vegetación original (Glantz, 1977), que consistía en la expansión de las condiciones desérticas por acción antrópica sobre ecosistemas frágiles en condiciones climáticas adversas (CEPAL-CLADES, 1981). Este concepto atribuye de manera directa la degradación a la acción humana. Cabe destacar que en términos del deterioro ambiental no se trata de la expansión o creación de ecosistemas desérticos los cuales son ricos en diversidad y mantienen una dinámica ecológica muy compleja, sino de la transformación de ecosistemas originales, lo que implica empobrecimiento de sus propiedades físicas y funcionales.

Definir la degradación de la tierra considerando sólo los aspectos físico-bióticos, puede llevar a la sobre simplificación del problema. Una definición completa de deterioro ambiental debe tomar en cuenta la pérdida de propiedades en los sistemas naturales vinculada con fenómenos naturales y con actividades humanas, así como aspectos sociales relacionados con el decremento en la disponibilidad de bienes y servicios. El deterioro ambiental se define entonces como el resultado de la interacción de elementos

naturales y humanos ligados con la modificación del ambiente en el sentido de pérdida de sus cualidades, y expresado finalmente como un decremento de bienes y servicios a las poblaciones humanas. Tales elementos son el daño por erosión, el alto grado de alteración e influencia antrópica, y la susceptibilidad a la degradación en diferentes condiciones ambientales (Landa, 1992).

La disponibilidad de agua, energía solar, topografía y clima en sus numerosas combinaciones, han conformado regiones ecológicas sobresalientes en cuanto a la producción de biomasa, disponiendo así de mayores posibilidades para su organización como sistema natural. Conforme avanza el grado de aridez se reduce la capacidad natural para fijar biológicamente la energía solar. Sin embargo, lo anterior no implica que las tierras carezcan de la capacidad de sustentar producción y vida. Las regiones escasa humedad guardan una riqueza, basada no tanto en su densidad, como en su especialización biológica, donde la flora y la fauna son el producto de milenios de adaptación fisiológica para su sobrevivencia (CONAZA, 1994).

Sin embargo, es un sistema frágil y cuando se presentan alteraciones a las condiciones naturales, o la explotación rebasa la capacidad natural de recuperación del ecosistema, uno o varios componentes se deterioran, perdiéndose así el equilibrio. En los suelos secos esto se refiere a la desertificación. Aunque la sobre explotación puede tomar diversas formas, el receptor último de tales presiones es el suelo, recurso natural básico que constituye el elemento de enlace entre los factores abióticos y los bióticos. Debido a que el suelo es un recurso de lenta formación, su pérdida y degradación constituyen una de las mayores preocupaciones en cualquier país (PNUMA, 2010).

El suelo como depositario de las degradaciones naturales o antropogénicas, pierde su capacidad de producción de biomasa, afectando la regulación del ciclo hidrológico, la permanencia de la biodiversidad, el amortiguamiento de variaciones climáticas severas, la fijación de energía, entre otros; en suma, afecta la capacidad biológica del ecosistema. Cerca de 60 por ciento de las tierras agrícolas del mundo se utilizan para apacentar a unos 360 millones de cabezas de ganado, y más de 600 millones entre ovejas y cabras. El pastoreo proporciona cerca de 10 por ciento de la producción mundial de carne de bovino y alrededor de 30 por ciento de la carne de ovino y de caprino.

Para unos 100 millones de personas de las zonas áridas y es probable que para un número parecido de otras zonas, la ganadería es la única forma viable de ganarse la vida (CONAZA, 1994).

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2010) destaca que se encuentran empobrecidas 70% de los 5.2 billones de hectáreas de tierras secas que se utilizan para la agricultura en el mundo. En la actualidad la desertificación daña 30% de la superficie de las tierras del planeta y más de 110 países, tienen predios secos que están en peligro de caer en la desertificación.

Calcula que la desertificación cuesta al mundo 42 mil millones de dólares al año, además, de que el fenómeno cobra un costo humano porque los medios de subsistencia de más de mil millones de personas, están en peligro ya que la tierra produce menos conforme avanza el tiempo.

En México 64% de las tierras tiene algún nivel de degradación. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) señaló que los continentes pierden al año 24 mil millones de toneladas de capa cultivable de tierra y en las últimas dos décadas el daño fue el equivalente a la que recubre la totalidad del terreno fértil de Estados Unidos de América. Las principales causas de este fenómeno son deforestación, cambio de uso del suelo y pastoreo excesivo (PNUMA, 2010).

La capacidad de recuperación después de las sequías, es uno de los principales indicadores de la sostenibilidad ecológica y social a largo plazo de los sistemas de pastoreo de las zonas áridas. Hoy en día muchas zonas de pastoreo del mundo en especial las semiáridas y las sub-húmedas, corren peligro de degradación. A consecuencia de la presión demográfica y de las políticas favorables a la agricultura marginal, gran parte de los mejores pastizales se están dedicando a cultivos para los que esas tierras no son aptas. Cuando se agotan y se dejan en barbecho, después de algunos años, no se recuperan como buenos pastizales. Los pastores aprovechan mejor los recursos conduciendo su ganado entre diversos pastizales. Los cultivos no sólo reducen las zonas de pastoreo, sino que también, repercuten en los pastizales.

Cuando se mantiene durante mucho tiempo a los animales en un mismo sitio, es inevitable la degradación de las tierras (CONAZA, 1994).

La gran ventaja de apacentar al ganado, es que convierte en productos útiles, recursos que de otra forma se pierden. En tanto, los rumiantes desempeñan una función ecológica positiva: mejoran la diversidad de los pastos al diseminar sus semillas, y rompen la costra de los suelos. Por eso los pastizales de las zonas áridas forman un ecosistema dinámico y muy resistente, siempre y cuando el número de personas y de animales que pueden sostener, no rebase la capacidad de las tierras para mantenerse en equilibrio (Echavarría *et al.*, 2006).

Dentro de los efectos del sobrepastoreo, las pérdidas de agua y suelo son de los problemas más severos del campo mexicano; en los últimos 40 años se ha perdido más suelo que en los últimos 500 años de historia del país; a nivel nacional, al año se pierden 535 millones de toneladas de suelo (SAGARPA, 2004).

Esto ha ocasionado el azolve de presas, bordos, arroyos, ríos y lagos, pérdida de la capa fértil del suelo, así como reducida infiltración del agua en donde se pierde hasta un 90% o más del agua de lluvia por escurrimiento superficial, por lo que, la recarga de los mantos freáticos cada día es más reducida. Esta situación no es ajena al estado de zacatecas (SEDAGRO, 2006).

El uso desmedido del recurso pastizal se debe en gran parte, al manejo inadecuado del pastoreo y a los efectos de la sequía. El pastoreo sin ningún control, provoca que gradualmente se induzca la invasión de plantas leñosas, la reducción de la cobertura vegetal, quedando así el suelo expuesto a la erosión, eólica e hídrica (Rzedowski, 2005).

Esta situación conlleva a grandes pérdidas de suelo. Por ejemplo, en el estado de Zacatecas se calculan pérdidas en los pastizales con áreas desnudas de hasta 7,081 kg de suelo/ha cada año. En contraste, hay sitios con cubierta vegetal superior al 30% sólo se pierde en promedio 70 kg/ha en un mismo ciclo de lluvias (Serna y Echavarría, 2002).

Por otro lado, la sequía, se ha incrementado en las tierras de pastizal en los últimos años debido al aumento del asentamiento humano, mal uso del suelo y, sobre todo, la presencia de altas densidades de ganado (Nolan y Nastis, 1997). El mantenimiento del recurso pastizal en óptimas condiciones, se considera como un indicador de sustentabilidad del manejo de los pastizales (Mannetje y Jones, 2000).

El uso racional para la preservación del recurso pastizal no necesariamente se logra a través de una utilización moderada, también se obtiene por medio de utilizaciones intensivas que sean reguladas por un programa o sistema de pastoreo definido; sin embargo, con los sistemas especializados de pastoreo los resultados obtenidos son inconsistentes (Chávez et al., 1986; Malechek, 1984).

El deterioro ecológico está relacionado con una disminución en la cantidad y disponibilidad de energía utilizada por los organismos en funciones tales como: alimentación, crecimiento, reproducción y defensa.

PASTIZAL MEDIANO ABIERTO

Dentro de las comunidades vegetales del estado de Zacatecas, el Pastizal Mediano Abierto (PMA) representa aproximadamente el 50% de la superficie del pastizal. Esta comunidad la constituyen plantas bajas (0.50 m), herbáceas y gramíneas en su mayoría, cespitosas, de hábito amacollado, con hojas delgadas, angostas, largas fasciculadas y con vaina; es el tipo de vegetación natural que cubre los suelos de las zonas áridas y semiáridas de México; por lo cual, se considera como la fuente principal de alimento del ganado que se cría bajo el sistema de producción extensivo. Además, está establecida en clima seco templado, con verano cálido, clasificado como BS_kw; temperatura media anual de 15 a 18 °C y precipitación promedio es de 355 mm (Serrato *et al.*, 1999). En la mayor parte del estado de Zacatecas, se localiza en 2'485,347 ha, principalmente en planicies, llanuras, lomeríos y laderas de cerros y sierras, con suelos ígneos y calizos, texturas arcillosas, franco arenoso, franco arcilloso, estructura granular y bloque sub-angular; color castaño rojizo o grisáceo claro.

Los terrenos presentan pendientes de 0 a 40 %, es decir ondulados, suavemente ondulados, suavemente quebrados o cerril y escarpado, con relieve normal a excesivo,

erosión hídrica laminar ligera y de tipo eólico. Las principales especies que caracterizan a esta comunidad vegetal son: *Bouteloua gracilis*, *B. curtipendula*, *B. hirsuta*, *Lycurus phleoides*, *Buchloe dactyloides*, *Aristida spp* y *Setaria spp* (COTECOCA, 1980).

COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y VALOR NUTRICIONAL

Los árboles y arbustos en un pastizal se han asociado principalmente por su diversidad, ventajas nutricionales y preferencias alimenticias en rumiantes en pastoreo; el valor de estos forrajes en la alimentación animal está asociado con un gran número de ventajas, así como la provisión y la diversidad de sus dietas, fuentes de nitrógeno, energía, vitaminas y minerales (Ramírez, 2003). La información actual sobre el valor nutritivo de pastos y forrajes se basa en su contenido de proteína, fibra, grasa y ceniza, la cual se obtiene mediante el análisis tradicional de Weende, su digestibilidad y su contenido de componentes estructurales. Se ha encontrado extrema variabilidad en los valores nutritivos en especies de arbustos y árboles usados en la alimentación del ganado. Esta variación se debe a la gran variedad inherente de los valores nutritivos entre especies, así como a la variación encontrada dentro de las especies, por las diferencias en las partes de la planta, edad del tejido, tipos de suelos y clima, en los cuales la planta está creciendo (Rodríguez y Llamas, 1990). Las hojas, las yemas, y las ramas de árboles y arbustos son un componente de la vegetación nativa, y son más comunes en áreas montañosas frías y en regiones semiáridas (Ramírez, 1999). Las especies presentes y su densidad varían ampliamente con respecto al clima, tipo de suelo y precipitación; existen muchas características agronómicas deseables de arbustos y árboles que son potencialmente relevantes para la alimentación animal. El conocimiento sobre la variación de los nutrimentos de plantas forrajeras disponible para los animales en pastoreo ayuda a predecir la deficiencia de nutrimentos y a utilizar suplementos alimenticios. Durante el crecimiento rápido de primavera, el forraje herbáceo normalmente contiene suficientes nutrimentos para promover el crecimiento, ganancia de peso, mejoramiento en condición corporal y producción de leche, cuando las plantas comienzan a madurar, los nutrimentos disminuyen rápidamente dando como resultado deficiencias nutricionales (Vallentine, 2001). El gran valor del forraje de arbustos y especialmente de árboles, es como complemento en las dietas, esta función está relacionada con el suministro de N, energía, minerales y vitaminas en las dietas, regularmente el forraje de árboles se utiliza en la alimentación en bovinos y cabras durante la escasez y la sequía (Ramírez, 2003). El valor nutritivo de los forrajes está en función de su digestibilidad, composición química (mineral) y presencia de toxinas o factores antinutritivos.

El conocimiento de la composición botánica de la dieta de los herbívoros, es necesario para la elección de alternativas de manejo de los animales y el pastizal, tales como, hacer una mejor asignación en la carga animal, rotación de potreros y duración del pastoreo.

La carga animal es considerada como el factor más importante en la producción animal (Woodward *et al.*, 1995), así como en la disponibilidad de forraje (Popp *et al.*, 1997), la nutrición y en la regulación del consumo voluntario de forraje (Derner *et al.*, 1994; Cassels *et al.*, 1995).

En la selección de la dieta de los animales en pastoreo, intervienen tanto el animal como las plantas, con las subsecuentes modificaciones del medio ambiente físico y la especie animal; así como la condición fisiológica, el comportamiento social y de pastoreo y finalmente, por la experiencia previa de los animales (Gutiérrez, 1982).

El consumo voluntario, probablemente es el factor más importante desde el punto de vista de la productividad pecuaria, ya que todos los demás parámetros del comportamiento animal como son la ganancia de peso, la secreción de leche, la postura, el crecimiento de lana, entre otros, en términos generales, se busca que el animal consuma más, ya que, en individuos sanos, esto se traduce en mayor producción (Gutiérrez, 1982).

Un herbívoro, al estar en un pastizal, se encuentra con un extenso “menú” de diferentes formas de vida vegetal con características fisicoquímicas propias.

La selección de alimento, es considerado un proceso multidimensional que se ve básicamente regulado por el sistema nervioso central y por influencias externas, como son el estímulo social, ya que, de acuerdo a su rango social, algunos animales son presionados a permanecer en áreas en condiciones más pobres o bien, a no participar en la alimentación suplementaria (Fontenot y Blazer, 1983).

El sistema nervioso central, a través de los sentidos de la vista, el olfato, tacto y gusto, se encarga de la percepción y reconocimiento de las plantas que componen la dieta. La función a cada uno de estos, varía en la especie animal y es aún motivo de profundos estudios. Una vez considerados los aspectos de la dieta, requerimientos nutricionales y el consumo voluntario de forraje, el paso siguiente será detectar y calcular las deficiencias específicas de cada nutriente, para así preparar la suplementación nutricional. El medio ambiente, así como la orientación visual hacia ciertos objetos durante el pastoreo, y por supuesto las características de la comunidad vegetal, condición y disponibilidad del forraje, afectan también la selección de la dieta, lo mismo las propiedades fisicoquímicas de las especies, factores que se manifiestan cuando una especie es indeseable y poco preferida y palatable, en cierta comunidad (Tribe, 1950; Arnold y Hill, 1972; Iskander, 1973).

Las plantas inician nuevo crecimiento cuando se presentan las primeras lluvias y las temperaturas son favorables. Durante esta etapa, tienen un mayor contenido relativo de componentes fibrosos y tanto la proteína cruda como la digestibilidad son altas.

A medida que avanza la época de crecimiento y desarrollo, se incrementa el contenido de componentes fibrosos (fibra cruda, celulosa, lignina, etc.) disminuyendo el contenido de proteína cruda, la digestibilidad de la materia seca y la digestibilidad de la proteína (Chávez *et al.*, 1986).

En la época en que las plantas han madurado los valores de proteína cruda, digestibilidad y fracción fibrosa, se encuentran en niveles que son desfavorables para llenar los requerimientos nutricionales de los animales y se tiene que suministrar suplementación.

Las principales deficiencias del forraje en esta época, para los pastizales de zonas áridas y semiáridas, son fósforo, proteína, vitamina A y en algunas ocasiones energía (Gutiérrez, 1982).

Diversos autores han puesto considerable atención al examinar los factores que pueden influenciar el consumo de forraje por los herbívoros y las investigaciones realizadas por Arnold y Dudzinsky (1963), Spedding *et al.* (1966) y Allden y Wittaker (1970) sobre la temperatura de los forrajes, sugieren que el consumo de forraje por rumiantes, podría ser definido como el producto de la tasa de mordida, masa de la mordida y el tiempo que se gasta en pastorear.

Los forrajes maduros tienen menor digestibilidad de la materia seca, lo cual se traduce en una disminución en la velocidad de paso, y por lo tanto, menor consumo. Por otra parte, la composición química está estrechamente ligada con la digestibilidad de los forrajes; cuando los valores de los componentes de la pared celular son altos (lignina, celulosas, sílica, lignohemicelulosa, nitrohemicelulosa, etc.) disminuye el consumo. Este consumo puede disminuir drásticamente, cuando el Contenido de la Pared Celular (CPC) llega a 50%. Cuando existen valores altos de lignina, disminuye la digestibilidad y por lo tanto, disminuye el consumo. Niveles bajos de proteína cruda en el forraje, disminuyen la digestibilidad de la materia seca (DMS), disminuyendo actividad microbiana y el consumo. Niveles muy altos de proteína cruda pueden disminuir la preferencia y palatabilidad del forraje y bajar el consumo voluntario (Araujo-Febres, 2005).

Ruiz y Vásquez (1983) señalan que los rumiantes en general, bien ya sea en condiciones de libre pastoreo o confinados, están sometidos a períodos de escasez de alimentos. Períodos de abundancia posteriores, han permitido observar un crecimiento compensatorio. También, se ha establecido que el crecimiento compensatorio es ampliamente dependiente del incremento en el consumo voluntario.

Como consideraciones generales para animales en pastoreo, se estima que el valor energético de los forrajes se reduce aproximadamente en un 50% durante el período de sequía. El contenido de proteína de las especies forrajeras que constituyen la dieta de los bovinos productores de carne en pastoreo, disminuye aproximadamente de un 60 a un 70% durante el período de sequía en comparación con el verano. El contenido de fósforo en los forrajes, disminuye hasta en un 100% en esa misma época (Gutiérrez, 2004).

CONSUMO VOLUNTARIO DE FORRAJE

La cantidad de materia seca de forraje consumida es el factor más importante que regula la producción de rumiantes a partir de forrajes. Así, Allison (1985) señala que el

valor de un forraje en la producción animal depende más de la cantidad consumida que de su composición química. Minson (1990) define al consumo voluntario como la cantidad de materia seca consumida cada día cuando a los animales se les ofrece alimento en exceso.

El consumo voluntario de forraje de los animales en pastoreo y la composición del forraje consumido, están influenciados por muchos factores que podrían agruparse en intrínsecos (físicos y químicos) y extrínsecos (disponibilidad y composición botánica) entre otros (Burns y Sollenberger, 2002).

El Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos de Norteamérica (NRC, 1987) señala que en bovinos productores de carne, el consumo voluntario se debe conocer o predecir para determinar la proporción de sus requerimientos que pueden ser cubiertos vía forrajes de baja calidad y así la cantidad de concentrado suplementario necesario por día puede ser calculada.

El mantenimiento del animal, el aumento de peso y producción dependen en gran medida del consumo de alimentos, el cual depende del apetito del animal, variando de acuerdo con la edad y sus diferentes estados fisiológicos, las características específicas de los alimentos, condicionada por la digestibilidad: la capacidad para suministrar los nutrientes necesarios de forma equilibrada, la eficiencia alimentaria, y las condiciones ambientales que afectan a los animales y al desarrollo de las plantas que sirven de alimento. Son varios los factores que controlan la productividad en los rumiantes, pero los dos más importantes son, determinar qué y cuánto consumen (Araujo-Febres, 2005).

Por ejemplo, la deficiencia proteica disminuye el consumo voluntario de forraje por lo que baja la fertilidad del hato y se retarda el crecimiento de los animales jóvenes. Por su parte, las deficiencias de energía prácticamente presentan el mismo cuadro, con la diferencia de que ocurrirá una pérdida de peso muy grave, aumenta la susceptibilidad a enfermedades y se puede incrementar la mortandad del hato (Murillo *et al.*, 2004).

Diversos estudios han analizado el efecto de la estructura del forraje sobre el comportamiento de ingestión por herbívoros, los resultados han sido considerados en revisiones realizadas por Cosgrove (1977), Hodgson *et al.* (1994) y Ungar (1977). La masa de la mordida ha demostrado ser la variable más sensible a cambios en varios aspectos de la estructura del forraje, tales como cobertura aérea, densidad y masa del forraje, expresado en términos de tejido verde de la hoja o masa total de forraje.

Ghadaki *et al.* (1974) estudiaron la composición química y la digestibilidad en diferentes grupos de plantas del pastizal en diferentes etapas fenológicas según se muestra en el Cuadro No.1. El pastoreo es un complejo proceso que todavía no está bien comprendido.

Existen diferencias en componentes nutritivos entre zacates, leguminosas y arbustivas. Las leguminosas tienen mayor contenido de proteína cruda que los otros grupos de especies. En las arbustivas, el contenido de lignina es mayor, mientras que la digestibilidad de materia seca es mayor en zacates y hierbas. Estos valores nos pueden dar

una idea del potencial nutritivo de un pastizal, conociendo las especies presentes (Chávez *et al.*, 2000).

Se conoce ampliamente que los componentes fibrosos y los de poca o nula digestibilidad, limitan la utilización de los otros componentes del alimento, por lo que podríamos hacer una generalización con respecto a los grupos de especies: en los arbustos, una de las limitantes del uso del forraje es el contenido de lignina, mientras que en los zacates, la digestibilidad de la materia seca es afectada por el contenido de fibra y de sílica; se propone que un aumento de 1 % en contenido de sílica disminuye la digestibilidad de la materia seca en un 3% (Ungar, 1977).

| | Zacates | LLeguminosas | Hierbas | Arbustos |
|---------------------------------------|---------|--------------|---------|----------|
| Proteína cruda | | | | |
| (IC) Inicio de crecimiento | 22.8 | 7.5 | 1.1 | 5.8 |
| (CV) Crecimiento vegetativo | 12.8 | 8.8 | 1.8 | 3.1 |
| (PS) Producción de semillas | 6.5 | 0.4 | .2 | .2 |
| (RO) Rebrote de otoño | 4.4 | .7 | .6 | .7 |
| Fibra detergente ácido | | | | |
| (IC) Inicio de crecimiento | 26.6 | 6.1 | 4.3 | 8.3 |
| (CV) Crecimiento vegetativo | 31.5 | 8.5 | 5.6 | 0.1 |
| (PS) Producción de semillas | 40.1 | 7.6 | 6.1 | 7.0 |
| (RO) Rebrote de otoño | 41.1 | 6.9 | 3.6 | 1.9 |
| Lignina | | | | |
| (IC) Inicio de crecimiento | 4.6 | .8 | .6 | .8 |
| (CV) Crecimiento vegetativo | 5.0 | .6 | .6 | .3 |
| (PS) Producción de semillas | 7.5 | 1.4 | 1.0 | 0.5 |
| (RO) Rebrote de otoño | 6.9 | 1.6 | 0.0 | 3.1 |
| Digestibilidad <i>in vitro</i> | | | | |
| (IC) Inicio de crecimiento | 92.6 | 3.6 | 7.4 | 1.8 |
| (CV) Crecimiento vegetativo | 85.4 | 8.1 | 6.8 | 6.8 |
| (PS) Producción de semillas | 74.7 | 7.2 | 4.8 | 6.8 |
| (RO) Rebrote de otoño | 72.0 | 5.9 | 1.9 | 5.4 |

Cuadro 1. Grupos de especies vegetales, composición química (%) y digestibilidad (%)

Fuente: Ghadaki *et al.* (1974)

HÁBITOS DE PASTOREO

No hay duda de que la producción de bovinos en pastoreo es la difundida en el centro norte de México, constituyendo la dieta básica y más económica en la alimentación de la mayoría de los rumiantes (Pinto *et al.*, 2014). La elevada temperatura y humedad

relativa del ambiente, comunes durante el verano en varias regiones de México, con frecuencia rebasan la capacidad del animal para disipar su calor corporal, provocándole una condición de estrés (Leyva et al., 2015) que se refleja en la disminución del consumo voluntario de materia seca (Hafez, 2000), así como en el comportamiento del bovino con referencia a los patrones corrientes de postura y movimiento (Bavera, 2004). El efecto del estrés calórico es también sustancial en regiones áridas muy cálidas debido a la variabilidad en las temperaturas ambientales a través del año (Avendaño-Reyes et al., 2010). Generalmente, la época de verano en estas zonas registra condiciones climáticas desfavorables para el ganado en pastoreo porque las temperaturas se incrementan a tal grado que producen estrés por calor (EC) a los animales. Como medidas para mantener la condición homotermia, el ganado reduce su consumo de alimento y redistribuye parcialmente la energía disponible para activar mecanismos de termorregulación de tipos fisiológico, metabólico y endocrinológico, reflejándose en una baja producción de carne y leche (Bernabucci et al., 2010). En producción animal, el cambio climático ha cobrado importancia en las últimas décadas porque la elevada temperatura ambiental afecta directamente al bienestar y el comportamiento animal (CCAC, 2009).

Es preciso considerar el comportamiento animal, para entender mejor el proceso de selección de la dieta de los herbívoros, el consumo voluntario de forraje y el estado nutricional de éstos. Por lo tanto, conocer el instinto natural del ganado y sus reacciones a diversos estímulos ambientales o estímulos controlados por el hombre (manejo), será determinante para analizar y optimizar un sistema de producción dado (Fierro *et al.*, 1990).

El efecto de clima hace que el animal elabore estrategias para su eficiente termorregulación corporal, encontrándose esto altamente especializado entre la especie bovina. Esto indica que el comportamiento animal, es uno de los más efectivos métodos de adaptación, ya que los animales evitan situaciones críticas, buscando refugio, o bien cambios de postura, actividad e ingesta de agua y alimento, esto además, de las características genotípicas y fenotípicas de cada especie o raza, como sería el caso de las razas cebuínas que presentan altas evaporaciones cutáneas, que les permiten disipar el calor, o como los ovinos que poseen una capa de lana que actúa como aislante térmico (Araujo-Febres, 2005).

El rumiante usa la vista, el gusto, el olfato y el tacto al seleccionar la porción de pastura que va a comer. Los cambios en las características de la planta inducen a cambios en el patrón de apacentamiento (comportamiento ingestivo) usual, que a su vez afectan la cantidad y calidad del forraje consumido. Por lo tanto, es aconsejable describir cuantitativamente el comportamiento ingestivo del animal y como este es afectado por los cambios en el pastizal (Wade y Carvalho, 2000).

Generalmente un animal bovino, aunque tenga hambre, no pastorea más de diez horas. Los picos de consumo son al amanecer y atardecer (una hora antes que se ponga el sol y una hora después), aunque esto es variable; por ejemplo, cuando hay calor intenso,

no comen durante el día y lo compensan con pastoreos nocturnos; si la noche también es calurosa, las caídas en el consumo pueden ser de hasta un 25%. Cuando está lloviendo, muchas veces el ganado no sale a pastorear y permanece guarecida bajo los árboles (Belovsky *et al.*, 1999).

RUMIANTES

Rumiante viene de la palabra latina *ruminare*, que significa volver a masticar; ellos son mamíferos remasticadores y se incluyen en el grupo de animales que poseen pezuñas (*Artiodactyla*). Para la re-masticación, los ejemplares adultos devuelven el alimento desde la panza a la boca, mediante un mecanismo involuntario denominado **rumia** (Church y Pond, 2004).

Los rumiantes son el mayor grupo de animales domesticados y contribuyen al bienestar del hombre primariamente, siendo fuente de carne, leche, cueros y lana (Ramírez, 2005). En el pasado, algunos pueblos fueron dependientes de especies de rumiantes, así ocurrió con las tribus norteamericanas y pobladores del altiplano sudamericano que dependían del Bisón o Búfalo Americano y de la Llama, respectivamente.

Actualmente, constituyen una fundamental fuente de proteína, por lo cual realizan grandes aportes para la alimentación de la humanidad, la industria, el vestido y el calzado; son usados para los trabajos y el transporte agrícola y rural (Church y Pond, 2004).

Numerosos subproductos de su beneficio son usados en la industria química farmacológica, alimenticia, quirúrgica; una gran variedad de productos farmacéuticos es preparados a partir de sangre, hígado, glándulas adrenales, páncreas, hipófisis y otras glándulas y tejidos; así como, el uso de animales transgénicos para la producción de sustancias terapéuticas. Constituyen la base de la actividad económica de millones de ganaderos, industriales y variadas profesiones agrícolas y urbanas (Ramírez, 2005).

La importancia del rumiante será más enfatizada si consideramos que solamente 1/3 de la superficie del planeta es tierra, de las cuales, un 4% son tierras urbanas y de propósitos industriales, el 10% están destinadas al cultivo, 15% son desiertos, zonas polares y altas montañas, el 30% son tierras forestales, en donde se puede practicar la ganadería en sistemas silvopastoriles, un 44% son zonas boscosas, praderas naturales, tundras, sabanas, pantanos, zonas costeras y otras aptas para el pastoreo. En estas zonas de vegetación árida, los rumiantes son capaces de transformarla en alimentos de alto valor biológico, debido a sus características anatómicas digestivas y fisiológicas, etc. (Church y Pond, 2004).

CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DIGESTIVAS

Los rumiantes poseen cuatro cavidades digestivas denominadas en orden de tránsito de los alimentos como bonete, panza, librillo y cuajar; este último, es el estómago verdadero. Los tres primeros, entran a funcionar después del destete, y en ellos, se realiza

una digestión de los alimentos con base a la actividad de millones de microorganismos como: (bacterias, protozoos y levaduras) (Ramírez, 2005).

CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS

Los alimentos cosechados por el rumiante durante el pastoreo llegan ligeramente masticados a la panza, luego son devueltos a la boca a través del esófago (bolo ruminal) para ser re-masticados, re-insalivados y vueltos a deglutir; ello se hace con la finalidad de triturarlo finamente y facilitar la acción digestiva de los microorganismos presentes, estos se multiplican, crecen y luego mueren. La estrategia alimenticia de estos animales es, proveer a esos microorganismos las materias primas necesarias para su ciclo biológico y el rumiante luego los digiere a nivel del cuajar y el intestino delgado (Kowalski, 1981).

HÁBITAT

Las distintas especies de rumiantes habitan en diferentes ambientes, desde el ártico al trópico, pantanos, desiertos, altas montañas, llanuras y praderas. Consecuentemente, sus hábitos alimenticios son muy variados; observándose extremos como el Caribú, el cual consume líquenes árticos, hasta las jirafas que prefieren las hojas de determinados árboles tropicales, el alce que consume plantas acuáticas, el antílope y otros ciervos ramonean plantas leñosas, el búfalo de agua puede consumir hierbas leñosas que no sustentaría al ganado bovino; algunos de los bovinos domésticos como las vacas prefieren las hierbas, demostrándose que estos animales pueden consumir una gran variedad de dietas, si ellos tienen la oportunidad de hacerlo. Esta natural preferencia por cierto tipo de plantas, es consecuencia de la adaptación del animal en un ambiente dado (Church y Pond, 2004).

CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA

Reino: Animalia

Phylum: Cordados

Sub-phylum: Vertebrados

Superclase: Tetrapoda

Clase: Mamífero

Orden: Artiodactyla (pezuñas)

Suborden: Rumiantes

Familia:

De acuerdo a Church (1979) y Kowalski (1981) los rumiantes existentes se agrupan en cinco familias:

1. Giraffidae: (2 géneros), caracterizada por poseer cuernos cortos cubiertos de pelos (jirafas).

2. Cervidae(16 géneros), caracterizada por poseer cornamenta de hueso la cual anualmente se muda y renueva (ciervo, reno, alce).
3. Antilocapridae: (1 género), caracterizado por los cuernos afilados (en forma de dientes) que cada año mudan y renuevan (el antílope americano).
4. Bovidae: (47 géneros), caracterizados por poseer cuernos permanentes, en esta familia se incluyen las cabras, ovejas, vacunos, bisontes, búfalos, antílopes, toro almizclero. En esta familia se han realizado las domesticaciones más exitosas y económicamente productivas.
5. Tragulidae: (2 géneros), pequeños rumiantes primitivos como los llamados Chevrotains o ratón ciervo, no tienen incisivos superiores, rumian pero solo tiene tres compartimentos estomacales y los machos poseen un gran colmillo. La familia Camelidae, son seudorumiantes por que tienen únicamente tres compartimentos estomacales; en esta familia se incluyen tres géneros y está caracterizada por poseer dos dedos anchos, carnosos, almohadillados Ej.: Alpaca, camello, dromedario, guanaco, llama y vicuña.

CONSUMO VOLUNTARIO

El consumo voluntario de forraje, es definido como la cantidad de forraje ingerida por unidad de tiempo (kg. de forraje/día), y su conocimiento es determinante para calcular con mayor exactitud la carga animal, además de poder determinar el estado nutricional del ganado y por ende su productividad. Por otra parte, contar con estudios de consumo voluntario de forraje (CVF) se podrán estructurar mejores programas de suplementación nutricional (Church y Pond, 2004).

Otro aspecto importante de la nutrición de los animales que dependen de la vegetación para su alimentación, es el hecho de que el estado nutricional del animal en condiciones de apacentamiento se ve más afectado por la disminución en el consumo diario de forraje, que por la composición química que este puede tener (Villalobos *et al.*, 1997).

De modo que, si fuera posible manipular la cantidad de alimento consumido, se podría mejorar el estado nutricional del ganado a la vez que su productividad. Sin embargo, los métodos utilizados para estimar el consumo, calidad y composición de la dieta son costosos y requieren de una capacidad instalada considerable (Villalobos *et al.*, 1997).

Consumo voluntario de forraje (CVF) es un término que ha sido utilizado en los últimos años, para describir la cantidad de alimento que es consumido por un animal. Cuando se le ofrece *ad libitum*, además de ser considerado como factor que refleja el valor nutritivo del alimento. Así que es considerado como un parámetro determinante para llegar a tener mayor comprensión de la nutrición del ganado en apacentamiento ya que tiene un efecto directo sobre la productividad del ganado. El consumo voluntario de forraje (CVF) es uno de los parámetros básicos de la nutrición del ganado en apacentamiento. Por lo tanto,

su estimación es determinante para conocer el estado nutricional del ganado (Fierro *et al.*, 1990).

Asimismo, se tiene conocimiento de que la variación en el CVF es un factor importante de la dieta que determina el nivel y eficiencia de la producción de los rumiantes, ya que, si el animal puede consumir lo suficiente, podrá satisfacer sus requerimientos nutricionales con forrajes de baja calidad, pero el consumo total está limitado por factores físicos del animal y la planta (Allison, 1985). En este sentido, Van Soest y Sniffen (1982) estimaron que el CVF depende de la estructura celular del forraje y por consiguiente, del contenido de paredes celulares.

También, se conoce que la ingestión voluntaria de los alimentos se ve afectada por diversos factores, que pueden ser de tipo fisiológico a través de una regulación quimiostática por la presencia de altas concentraciones de ácidos grasos volátiles en la sangre, por señales termostáticas, debido a que los animales homeotermos aumentan su consumo en ambientes fríos y lo reducen considerablemente con temperaturas altas o bien mecanismos relacionados con el estado fisiológico del animal (Fierro *et al.*, 1990).

Igualmente, existe un efecto regulador del consumo por la acción de factores intrínsecos de la vegetación como la calidad del forraje; además, de limitaciones ejercidas por la capacidad física del tracto digestivo del animal, ya que si el animal ingiere una dieta con una tasa de pasaje rápida, el CVF será mayor; en contraste, si la dieta está constituida por forrajes fibrosos, la tasa de pasaje será menor y por consecuencia el consumo disminuirá (Karn, 2000).

La estimación del CVF se realiza de manera directa e indirecta. La manera directa se realiza en condiciones de corral y es sencilla, ya que puede medir la cantidad de alimento ofrecido y rechazado, componentes de la dieta, presentación física, contenido de humedad y frecuencia de alimentación (Vargas y López, 1991).

Los rumiantes toman decisiones de consumo de forrajes jerárquicamente, desde el lugar de pastoreo, hasta la zona de consumo y en una escala menor sobre la planta consumida en cada bocado (Skarpe y Hester, 2008). De acuerdo a la teoría de consumo óptimo de forrajes (Stephens y Krebs, 1986; Stephens *et al.*, 2007), los animales toman cuatro decisiones importantes que son interdependientes: 1) Qué tipo de área visitar, 2) Cuanto tiempo permanecer en esa área, 3) Que tipo de forrajes consumir y 4) Que zona de consumo emplear dentro del área. De acuerdo a esta teoría, los animales prefieren ir en primer término a los forrajes de mayor valor nutricional y dependiendo de la oferta de los mismos comenzaran a consumir otros alimentos de menor valor en el orden de valor nutritivo. (Lascano, 2000; Lundberga) ha encontrado que los bovinos prefieren pastorear los rebrotes de las plantas de mayor valor antes de incluir otras de menor valor nutricional, sin embargo, puede haber factores como la palatabilidad de los alimentos que pueden hacer que el animal seleccione primero los alimentos que mejor sabor tengan para ellos (Hussain y Jan, 2009). La regulación del consumo y la selectividad permite al animal

mantener un balance adecuado de nutrientes de acuerdo a sus necesidades. Cuando la cantidad de alimento consumida es insuficiente para satisfacer los requerimientos, se genera estrés metabólico ya que el flujo de nutrientes y las reservas corporales no logran satisfacer la demanda, entonces, el animal siente hambre e incomodidad (Forbes, 2007). Se ha postulado que cuando un animal tiene un solo tipo de alimento disponible, él no puede minimizar el estrés metabólico cambiando la proporción de alimentos consumidos para balancear los nutrientes. En tal caso, el animal opta por consumir alimento en exceso en un intento por satisfacer las necesidades nutricionales; generando otros problemas relacionados con la sobrecarga de la capacidad gástrica y desordenes metabólicos. Es claro entonces, que la mejor opción de manejo es ofrecer al animal varias alternativas, que le permitan regular el consumo y la selectividad.

Los herbívoros comen para satisfacer su necesidad de nutrientes, principalmente energía y proteína. La suma de las demandas individuales para mantenimiento, lactancia, crecimiento propio y fetal, representan el requerimiento total. El requerimiento de energía puede ser modificado por variaciones de desplazamiento o estrés térmico. La densidad aparente del alimento, facilidad de consumo, facilidad de reducción de partícula, palatabilidad y facilidad de digestión y pasaje ruminal con las necesidades y deseos del animal (Weston, 1982).

El consumo de materia seca (MS) y la calidad de la misma ingerida, son mediciones necesarias para explicar las diferencias en producción animal proveniente de distintas especies forrajeras. A medida que se incrementa el consumo de MS del ganado que pastorea, también, se incrementa su nivel individual de producción hasta llegar a su máxima capacidad o potencial. En este punto, el desempeño productivo individual depende de la concentración de nutrientes del forraje (Minson, 1990).

El consumo *ad libitum* ocurre cuando la oferta de alimento es ilimitada en cantidad y calidad, de tal forma, que el animal no encuentra obstáculos para saciar su hambre (Moore, 1994). No obstante, en muchas situaciones, la saciedad no ocurre porque el animal no puede satisfacer sus requerimientos a partir del pasto ofrecido.

Al seleccionar su dieta, el rumiante confronta dos situaciones opuestas: obtener una cantidad adecuada de forraje y a la vez que éste posea la máxima calidad. El consumo reducido de MS es determinante de la nutrición inadecuada del animal que pasta, independientemente que esté limitado por la cantidad o la calidad del forraje (Hodgson *et al.*, 1994).

La estimación del consumo de MS por el ganado en pastoreo es un aspecto poco abordado por la investigación de pastos y forrajes, debido a las dificultades de lograr valores confiables. También, se han usado mediciones indirectas, en las que, sin embargo, la precisión (medida de variabilidad) y exactitud (medida de sesgo) del valor obtenido están seriamente comprometidas (Fierro *et al.*, 1990). Asimismo, Burns y Sollenberger (2002) revisaron varios métodos para estimar el consumo del ganado en pastoreo, concluyendo que todos tenían inconvenientes.

Shimada (2003) menciona que el consumo voluntario puede ser el factor más importante desde el punto de vista de la productividad pecuaria, ya que todos los demás parámetros del comportamiento animal como son la ganancia de peso, la secreción de leche, la postura, el crecimiento de lana, está en función de este parámetro, ya que en individuos sanos esto se traduce en mayor producción. La nutrición animal, como ha sido reconocido generalmente, depende de cuatro factores básicos: los requerimientos del animal, el contenido de nutrientes de los animales, la digestibilidad y la cantidad que el animal consuma.

El valor del consumo de forraje por ganado en pastoreo es una de las medidas más importantes para determinar el estado nutricional del animal. El consumo voluntario está relacionado a la digestibilidad del forraje. La velocidad de paso a través del retículo-rumen aumenta con el incremento de la digestibilidad, aun cuando el llenado del rumen permanezca constante. Aunque el consumo voluntario también aumenta con el incremento de digestibilidad, hay un punto en donde el subsecuente aumento en la digestibilidad del alimento resultará en una disminución del consumo (Church y Pond, 2004).

El consumo disminuye a medida que el porcentaje de paredes celulares aumenta a niveles mayores del 55% de la materia seca del forraje. El componente de las paredes celulares más altamente relacionado con el consumo, es la lignina; en general, a medida que el contenido de lignina aumenta, disminuye la digestibilidad de los forrajes y por consecuencia disminuye el consumo. Con disponibilidad de forraje mayor de 3,000 kg/ha, tanto el tiempo de pastoreo como la tasa de consumo, fueron relativamente constantes. A medida que la materia seca del forraje disminuyó de 3,000 a 500 kg/ha, hubo una reducción de cuatro veces en la tasa de consumo y un incremento de dos veces en el tiempo dedicado a pastorear (Wade y Carvalho, 2000).

El consumo aumenta a medida que la producción de forraje aumenta. Muchos autores han encontrado un alto grado de correlación entre la disponibilidad de forraje y el consumo. El consumo de materia seca durante todo el año por los bovinos productores en pastoreo, ha sido estimado en muchos estudios como del 1.8% del peso corporal/día, con un rango de 1.1 a 3.1% (Gutiérrez, 1982).

Una variedad de factores relacionados con el forraje es parcialmente responsable por este rango. Factores relacionados con el animal, como el nivel de producción de leche, el peso corporal y la condición corporal, también afecta el consumo de forraje. Factores como el volumen ruminal y el peso de los órganos, deberán ser cuantificados en relación con el consumo de forraje (Taylor *et al.*, 1980).

El consumo disminuye a temperaturas ambientales elevadas, llegando a suspenderse en forma total, a más de 40° C. El consumo aumenta para llenar las necesidades de termorregulación, mientras que a temperaturas muy calientes disminuye. Los aumentos de temperatura del rumen de los 38 a los 41°C, disminuyen el consumo hasta en un 15% y las disminuciones en la temperatura del órgano por debajo de los 38°C incrementan el consumo en un 24% (Nelson *et al.*, 1970).

Las principales razones para medir el consumo de forraje son: (1) El entendimiento de las relaciones entre la estructura del forraje y el consumo (2) La explicación de la variación entre el comportamiento animal y el consumo y (3) La explicación de la variación en el comportamiento animal asociado con los diferentes regímenes de pastoreo y prácticas de manejo del ganado. Todas las técnicas para medir el consumo, causan algún grado de disturbio o molestia al animal, lo cual implica modificar su estado de bienestar (Gordon, 1995).

Existen muchos factores que afectan el consumo, tales como la selectividad, el estado de madurez de los forrajes, la condición del pastizal y otros; los métodos más comunes para medir el consumo son: (a) indicadores internos, que son constituyentes de las plantas (lignina, cromógenos, nitrógeno, grupo methoxil y sílica), (b) marcadores externos, que se suministran en el alimento para estimular la excreción de la heces sin necesidad de utilizar bolsas colectoras, óxido de crómico, óxido de hierro, azul monatrel e yterbio), (c) índice fecal, (d) cortes antes y después del pastoreo, midiendo el peso seco del forraje de cada especie vegetal antes y después del pastoreo, (e) colecta total de las heces, midiendo la indigestibilidad de la dieta, y (f) conteo y peso del bocado (Shimada, 2003).

El método de conteo y peso del bocado se desarrolló originalmente para estimar el consumo voluntario del ganado en pastoreo, en áreas con alta disponibilidad de forraje y facilidad de cosecha (Stobbs, 1973). Posteriormente, con el fin de documentar los datos sobre el comportamiento de herbívoros silvestres, el método se adaptó para estudios con venados (Bryant *et al.*, 1980; Sowell *et al.*, 1985; Ramírez *et al.*, 1991).

Igualmente, este método fue utilizado para estimar el consumo voluntario de forraje de cabras en pastoreo. Además, se ha considerado que el método representa una valiosa alternativa de utilidad en zonas de escasos recursos y que puede ser utilizado con un alto grado de eficacia (Chacón *et al.*, 1976).

El método de observación directa, frecuentemente es utilizado en pastoreo porque es un método fácil, rápido y barato. Una de las ventajas principales es que no se tienen que manejar los animales y se pueden evaluar una gran cantidad de forrajes en condiciones naturales. Las desventajas principales, es que se tiene que tener un entrenamiento adecuado en la identificación de plantas en sus diferentes estados fenológicos, se necesita observar un mayor tiempo y no se pueden obtener datos cuantitativos. La ventaja de utilizar animales domesticados, es que se puede seguir un horario y es más fácil de observarlos (Chacón *et al.*, 1976).

El método de estimación ocular de la parcela, fue más rápido tanto en el campo como en el cómputo del tiempo. Sin embargo, la subjetividad del observador puede afectar la exactitud de los datos. Una gran desventaja del método es la posibilidad de parcialidad cuando existe una correlación positiva o negativa entre la cantidad consumida y la cantidad presente (Smith, 1968).

El método de conteo de mordida ha sido ampliamente utilizado para estimar la dieta del venado (*Odocoileus virginianus*). Al respecto, Free *et al.* (1971), Bryant *et al.* (1980),

Olson-Rutz y Urness (1987) y Thill y Martin (1989) trabajaron en pastizales semiáridos en Colorado comparando los métodos de fistulación esofágica vs. método de conteo de mordida, encontrando resultados similares.

Las desventajas de las técnicas de observación directa y de cortes hechos a mano, es el tiempo consumido en llevarla a cabo, además, de la dificultad que implica monitorear a los animales por la noche. De igual forma, en las diferencias en la estimación del tamaño de la mordida (Bjugstad *et al.*, 1970 y Bryant *et al.*, 1980).

Para un buen entendimiento del control del consumo de materia seca por los animales, es importante responder a dos preguntas básicas: a) Por qué los animales comen b) Porqué ellos no comen en todo el tiempo (Dominíco do Nascimento Junior, 2003).

El entendimiento común es que los animales se alimentan en busca de suplir la demanda de nutrientes por parte de los tejidos, para las diversas actividades metabólicas (actividades físicas y fisiológicas para el mantenimiento de la vida, crecimiento, producción de carne, producción de leche y lana). Asimismo, dada la variedad y composición en que los nutrientes se presentan en los alimentos, es difícil que un animal encuentre la cantidad exacta de cada nutriente. Así la búsqueda de un determinado nutriente puede implicar un exceso o falta de otro. Experimentalmente, ha sido demostrado que los animales poseen una cierta sabiduría para seleccionar sus alimentos, de forma tal que este asegurado el balance de nutrientes (Forbes, 1995).

También, se ha demostrado que son muchos los factores que afectan directa e indirectamente el consumo del alimento en animales en pastoreo. Minson y Wilson (1994), mencionan que existen una serie de características ligadas a la ingestión de forrajes, tales como características químico-bromatológicas, físico-anatómicas y de cinética digestiva que favorecen el consumo por los animales. Estas pueden ser: químico- bromatológicas: deficiencia de minerales (Ca, P, Mg, Na, Co y Se). Además, mencionan que el control del consumo de materia seca por rumiantes, es dado por la integración de factores fisiológicos (saciedad energética), físicos (limitación física del rumen) al que denominan rumen lleno y a una tercera variable, que se le llama factor psicogénico (efecto del manejo, interacciones sociales, palatabilidad, etc.).

La estructura del forraje en el pastizal es una característica central que determina tanto la dinámica de crecimiento y competencia de comunidades vegetales tanto como el comportamiento ingestivo de los animales en pastoreo. Son variables asociadas al proceso de pastoreo de animales y la respuesta, está relacionada con la estructura de la vegetación (especie, altura, densidad, estado fisiológico) que determinan los niveles de producción tanto en términos de producción primaria y secundaria (O'Reagain y Schwartz, 1995).

Al tener en cuenta que, en un pastizal, el animal debe procurar escoger o seleccionar su alimento, el cual puede presentar diferentes tipos de estructura como calidad y abundancia, que son variables en tiempo y en espacio que caracteriza un elevado grado de complejidad en la alimentación del ganado (Briske y Heitschmidt, 1991).

Los herbívoros han desarrollado un mecanismo de coevolución con las plantas que data de millares de años (Belovsky *et al.*, 1999) y permiten que los herbívoros coman de forma general, una dieta de calidad superior. Laca y Ortega (1995) definen la estructura del pasto como una distribución de la parte aérea de las plantas de una comunidad. De forma general, es descrita por variables que expresan la cantidad de forraje existente de forma bidimensional (kg de materia seca/ha).

En esta forma la expresión más común de la estructura del pasto como en dimensión vertical y horizontal de distribución de materia seca (MS), resalta una serie de variables como masa de forraje disponible, altura, densidad de M.S. etc. que han sido motivo de estudio sobre la influencia de las características del pasto sobre la ingestión de forraje (Carvalho *et al.*, 2000).

Gordon (1995) mostró la respuesta funcional curvilínea clásica que relaciona el efecto de la estructura del pasto sobre la ingestión de forraje por animales en pastoreo, donde hay un aumento de ingestión a medida que aumenta la cantidad de forraje presente en el pastizal hasta un punto de estabilización representado por la saturación del animal en el proceso de alimentación.

Asimismo, Carvalho *et al.* (2000) demostraron que la heterogeneidad del pastizal afecta la cantidad y calidad de forraje ingerido, resultando en diferentes niveles de producción animal para un mismo valor de oferta de forraje, atribuyéndole a la selectividad del animal una dieta de calidad superior.

Para una masa de forraje en orden de 2500 kg de M.S./ha la masa de bocado de novillos puede variar de aproximadamente 0.5 g a casi 3 gr por bocado. Eso implica, por lo menos una amplitud estudiada de que los animales prefieren una pastura alta en relación a una pastura baja y densa, por lo que aumenta la profundidad del bocado (Gordon, 1995).

La producción de carne depende de la alimentación que se les ofrezca a los animales. Son factores fundamentales en la producción de carne en pastoreo la cantidad y la calidad del forraje consumido por el animal. Lamentablemente, muchas veces se desconocen estos dos aspectos. La restricción nutricional y el posterior aumento compensatorio son indispensables cuando hay escasez del pasto; pero si éste alcanza o sobra, la restricción no trae beneficios (Marriot y Carrére, 1998).

CANTIDAD DEL BOCADO POR HORA

Si bien puede haber variaciones, existe un valor máximo de alrededor de sesenta bocados por minuto. El tiempo para arrancar y llevar el pasto a la boca es casi fijo, lo que más varía es el que tarda en buscar un bocado (lo que depende de la distribución del forraje) y el tiempo que le lleva masticarlo (según la calidad del forraje consumido).

Si la pastura es heterogénea en su distribución y el pasto está por manchones, pierde tiempo caminando en busca de un bocado sea este bueno o no. Si el bocado que

levanta es pequeño y elige las hojitas que están en las ramas de las plantas del pastizal, aumenta el número de bocados, pero como éste tiene un máximo no alcanza a compensar el consumo.

En caso de que el forraje sea de baja calidad, muy fibroso, el animal pierde tiempo en la masticación y debe aumentar también el número de bocados (Demment y Laca, 1993).

PESO DEL BOCADO

Es tal vez el factor más importante y el que más incide sobre el consumo. Responde a la siguiente ecuación: peso del bocado = volumen del bocado X densidad de bocado (Carvalho *et al.*, 2000).

VOLUMEN DEL BOCADO

Para poder evaluarlo se debe determinar el área y la profundidad del forraje. Un animal, frente a cualquier tipo de pasto, come por estratos u horizontes, cortando en forma aproximada la mitad de la altura total del pasto disponible. Así, corta a 50 cm. un sorgo forrajero de 1 m y a 5 cm una pastura de 10 cm. En una segunda pasada como la mitad de la mitad que había quedado y así, sucesivamente. Esto es la profundidad (Carvalho *et al.*, 2000).

Para determinar el área del bocado, el valor depende del tamaño de la boca de cada animal (por lo cual es poco modificable) y, obviamente, está relacionado con el peso vivo. Esta relación no es directamente proporcional. Por ejemplo, un novillo de 380 kg no tiene el doble de tamaño de boca que un novillo de 190 kg, sino sólo un 65% más. La densidad depende de la estructura del forraje. Cada tipo de pastura distribuye en forma diferente el peso sobre los distintos estratos de pastoreo antes mencionados. Varía según la estructura espacial de cada especie (Demment y Laca, 1993).

Las plantas del pastizal tienen en su primer 50% de altura la mitad de su peso total, el primer bocado del animal es más denso y tierno, en relación al segundo bocado que es mucho menos tierno y denso (diferencia clara entre el primer día del pastoreo y el último, cuando se realiza pastoreo rotativo). Una gramínea anual en cambio tiene un primer bocado profundo pero que solo contiene el 20% del peso total de la planta, lo que hace que el segundo bocado sea parecido al primero (Gordon, 1995).

FISIOLOGÍA DEL CONSUMO ANIMAL Y DIGESTIÓN MICROBIANA

Las propiedades sensoriales de la comida son asociadas por un proceso de aprendizaje con el valor nutritivo y la toxicidad de la comida. Cuantas propiedades sensoriales afectan el comportamiento alimenticio. Ha sido reconocido que el sentido

del tacto desempeña un papel en la respuesta del animal a la comida, saben (conocen) las características físicas del forraje como el contenido de materia seca y el tamaño de partícula, y la resistencia para fracturarse para afectar la facilidad de prensión y la tasa de consumo (Inoué *et al.*, 1994).

La presencia del alimento en el tracto digestivo estimula una amplia gama de receptores-mecánicos, químicos y de temperatura y esa información es enviada al sistema nervioso central. La ingestión de alimentos por el animal, está controlada por mecanismos fisiológicos que llevan al animal a iniciar y a finalizar el consumo en un momento dado; es un aspecto multifactorial controlado por el hipotálamo y este consumo, debe de corresponder a las necesidades y requerimientos del estado fisiológico en el que el animal se encuentra (crecimiento, lactación, gestación, etc.) (Demment y Laca, 1993).

El hipotálamo es un área del cerebro clásicamente asociada con el consumo de alimentos; cuando se estimula eléctricamente su área lateral, se da inicio al consumo de alimentos, pero si es destruido, se produce afagia. Por esta razón, se le denomina centro del hambre (Inoué *et al.*, 1994).

La estimulación eléctrica del área vetromedial inhibe el consumo en animales hambrientos, la extirpación de esta área conduce a la hiperfagia y obesidad, denominándose centro de la saciedad. Los receptores mecánicos, químicos y de temperatura transmiten su información a través del nervio vago al sistema simpático (Baile y Mc Laughlin, 1987).

Reflejos neurales controlan la coordinación del movimiento muscular en el rumen y abomaso para asegurar una transferencia continua de la digesta ruminal al intestino. La señal eléctrica de la neurona es sustituida por un mediador químico denominado neurotransmisor que es secretado por el axón. El neurotransmisor difunde localmente en la sinapsis hasta el receptor de la célula adyacente. La fuerza de las señales depende de la presión aplicada, la longitud del intestino a la cual se aplica y la duración de aplicación. Una neurona sensorial proporciona información sobre tiempo e intensidad del estímulo y su interconexión codifica la localización del estímulo y su modalidad. Un receptor puede ser sensitivo a más de un estímulo; un estímulo puede excitar más de un tipo de receptor; y las señales en conjunto son recibidas e integradas por el sistema nervioso central (Bell, 1984).

El consumo de alimentos es un importante componente en la regulación del balance energético y los péptidos están involucrados en la interfase, entre el regulador del balance de energía y el control del consumo alimenticio (Bondi, 1988).

La familia propiomelanocortina (POMC: neuropéptidos no opioides) se expresa en los lóbulos anterior e intermedio de la hipófisis; y actúan como importantes mediadores del control del apetito y de la homeostasis energética. La liberación de POMC es estimulada por la serotonina y los agentes adrenérgicos en el lóbulo intermedio (Blevins *et al.*, 2002).

Por otro lado, ha sido observado que la endorfina, la dinorfina y la metencefalina estimulan el consumo. En contraste con la colecistocinina (CCK) y el péptido YY (proteína de pequeño peso molecular) que son hormonas las cuales son liberadas en la circulación

después de la ingesta y su concentración, es proporcional a la cantidad consumida, reducen el consumo y están relacionados con la sensación de saciedad (Arch, 2005).

La CCK es sintetizada por las células en la mucosa del duodeno y el yeyuno proximal y es liberada en respuesta a la presencia de péptidos aminoácidos, ácidos grasos de cadena larga y calcio. Actúa sobre las fibras aferentes del nervio vago y activa las neuronas del núcleo medio del *tractus solitarius*, produce contracción de la vesícula biliar y estimula la secreción de enzimas pancreáticas, operando en armonía con insulina el estradiol y la leptina. El péptido YY disminuye el vaciado gástrico y retrasa el tránsito intestinal e inhibe, el consumo de alimentos (Bondi, 1988).

La leptina es una hormona producida en el tejido adiposo, posee un efecto anoréxico que tiende a disminuir el tamaño de la ingesta, e intensifica la respuesta de saciedad de la CCK circulante. Además, la leptina parece tener un papel a largo plazo en el control de la saciedad, mientras que la CCK en el control a corto plazo y conjuntamente para mantener la homeostasis del peso corporal (Blevins *et al.*, 2002).

El primer efecto de la ingestión es físico -la distensión ruminal- y es seguido por los productos de la digestión -químico- los cuales son detectados por receptores situados en el rumen, intestino delgado, en el hígado y en el cerebro y se incrementa rápidamente la producción de calor. Durante la comida, el tracto gastrointestinal secreta una variedad de péptidos como parte del proceso digestivo, los cuales actúan como hormonas o señales locales, para enviar información al sistema nervioso central, produciendo la sensación de saciedad (Arch, 2005).

Bondi (1988) menciona que los ácidos grasos volátiles afectan el consumo y cuando se alcanzan altos niveles en el fluido ruminal se inhibe la motilidad retículo-ruminal. El acético y el propiónico afectan el pH y la presión osmótica y éstos afectan la motilidad ruminal. Cuando el pH ruminal baja alrededor de 5.0, ocurre una paralización del rumen y la hipofagia que le siguen, es más debida a la paralización del rumen, que a la baja del pH *per se*.

La tasa de eliminación de acetato se ve afectada por el balance de nutrientes disponibles, particularmente, por las proporciones acetato-propiónico y acetato-aminoácidos. Si hay acetato suficiente, pero no así glucosa para proveer NADPH (Nicotiamida-Adenina Dinucleotido fosfato) y ATP (Adenosín trifosfato) para la síntesis de tejido adiposo, el exceso de acetato disminuirá el consumo (Della-Fera y Baile, 1984). Por lo que se puede suponer, que la tasa de eliminación del acetato es un factor integrante principal que permite finalmente la expresión del consumo alimenticio, ya que en general, los factores ambientales y fisiológicos que incrementan el consumo, aumentan la tasa de metabolismo del acetato (ej: el frío, la lactancia).

Los factores que generalmente reducen el consumo, están asociados ya sea con el incremento en la disponibilidad del acetato en relación con otros nutrientes (ej. dietas pobres en Nitrógeno) o en una disminución, en la utilización de acetato en relación a otros

nutrientes (ej: estrés por calor). Los mecanismos de control del consumo alimenticio son altamente complejos e incluyen múltiples factores y la ingestión de alimentos, ocasiona cambios en el cuerpo, los cuales son monitoreados por el cerebro; estos cambios incluyen factores físicos y químicos en el tracto gastrointestinal y hormonas y metabolitos en el torrente sanguíneo (Della-Fera y Baile, 1984).

Forbes (1995) menciona que la gestación produce un aumento sustancial del apetito, el cual puede ser medido y demostrado en novillas. Los requerimientos de energía para el desarrollo del feto, son pequeños al comienzo de la gestación. También, se ha observado que las vacas en el último mes de la gestación pasan menos tiempo comiendo que las vacas que empiezan a gestar o las vacas vacías.

El consumo voluntario declina durante el último mes de la preñez. Para la lactación la vaca alcanza su tamaño físico maduro a los 6 a 7 años de edad; si la nutrición es adecuada, continúa creciendo durante las primeras 2 ó 3 lactaciones: como el animal aumenta su tamaño, también aumenta su capacidad de ingestión. Inmediatamente después del parto la producción de leche, incrementa rápidamente, hasta alcanzar el pico de producción entre los 35-55 días. Durante este periodo, es mayor el gasto energético en la producción de leche que la energía consumida; el consumo aumenta, pero más lentamente en términos de energía. Hacia el final de la lactación cuando la producción de leche comienza a declinar, el apetito se mantiene alto, y la vaca comienza a recuperar peso. También, a medida que crece el feto se reduce la capacidad abdominal (Orskov, 1995).

Illius y Jessop (1996) mencionan en cuanto al estado fisiológico del animal, la situación en los rumiantes es bien compleja porque en ellos debe de considerarse el balance de nutrientes a dos niveles: en el rumen, para maximizar la tasa de crecimiento microbiano y los absorbidos por el animal en función de sus requerimientos. El desbalance en el suministro de nutrientes para los microorganismos, tiene un gran impacto sobre la eficiencia con que fermentan el sustrato y sobre la tasa de crecimiento microbiano.

Durante la etapa del crecimiento, el animal va cambiando su consumo para ajustarlo a sus requerimientos. En el crecimiento presenta un consumo mayor de alimentos por unidad de peso metabólico que un adulto lactante. En los becerros se ha observado que el consumo aumenta en la medida que se incrementa la digestibilidad del alimento, siendo indicativo de una limitación física.

En la medida que el animal va creciendo y comienza a utilizar el forraje y puede controlar metabólicamente el consumo del concentrado, entonces existe una relación negativa entre el consumo de materia seca y la digestibilidad (Illius y Jessop, 1996).

Orskov (1995) señala que el consumo de forraje no depende exclusivamente de los atributos del alimento o de la capacidad del tracto digestivo del animal, pero estos factores pueden ser tan importantes que permitan una predicción bastante precisa del consumo. Los rumiantes deben almacenar los alimentos por varias horas para permitir la fermentación

microbiana; este almacenaje es una limitante a la capacidad física y potencialmente una limitante al consumo.

Existe, primero, un control metabólico y luego una limitación física al consumo. Las características de las plantas que afectan el llenado y vaciado de rumen son: solubilidad, la fracción insoluble pero fermentable, la tasa constante de fermentación y la tasa a la cual las partículas largas son reducidas y el volumen del rumen. La rumia aumenta la tasa de reducción del tamaño de las partículas y esto aumenta la tasa de vaciado; al mismo tiempo, la rumia está acompañada de un incremento de actividad muscular del rumen (Illius y Jessop, 1996).

Reynolds y Benson (2004) destacan que la alimentación del rebaño debe de realizarse con base a pastos y residuos de cosechas y el reto, está en maximizar la eficiencia ruminal y en comprender los factores que regulan el consumo voluntario en los animales, para saber cómo manipularlos. La eficiencia alimentaria en el ganado bovino está influenciada por la digestibilidad de la dieta, y otros factores ambientales, la habilidad genética y el estado fisiológico. El animal con un déficit fisiológico de algunos nutrientes (hambre), se moviliza para buscar alimentos que satisfagan (apetito) y los consume hasta sentir la sensación de saciedad. El apetito varía de un animal a otro. En la ganadería moderna se busca maximizar el consumo, y minimizar las pérdidas de energía, para alcanzar el máximo potencial de producción.

Durante las comidas principales la fermentación rápida de la fracción soluble incrementa la presión y la concentración de los ácidos grasos volátiles (VFA) del fluido ruminal y bajas de pH. La infusión de los ácidos grasos volátiles en el rumen disminuye el consumo de alimento en un período corto. Factores de saciedad, principalmente aquellos relacionados con el rumen lleno, han sido favorecidos para explicar la entrada de forraje. El reconocimiento sensible de la alimentación permite la anticipación de las consecuencias alimenticias y fisiológicas de consumo. Esto es esencial para determinar la motivación para comer y el tamaño de comida cuando ofrecen una comida y también, alimentar preferencias y el comportamiento (Rémond *et al.*, 1995).

Las cámaras de fermentación del rumiante proveen un excelente medio para el crecimiento y fermentación de microorganismos. El pH varía entre 5.5 y 7.0, la temperatura de 39-41 °C, que es la temperatura óptima para una gran variedad de sistemas enzimáticos Cheng *et al.* (1991). Las bacterias celulolíticas son aquellas capaces de hidrolizar el enlace B 1-4 de la cadena de glucosa en la molécula de celulosa por medio de la enzima celulasa. Este tipo de bacterias se encuentra ampliamente distribuido aun en algunos mamíferos no rumiantes. Se presume que estos organismos, tienen también la capacidad de hidrolizar celobiosa.

La concentración de organismos que digieren celulosa es más alta en animales que consumen raciones fibrosas. Algunas especies incluidas en este campo son: *Bacteroides succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Ruminococcus albus*, *Clostridium loch headii* y *Cillobacterium cellulosolvens* (Varga y Kolver, 1997).

La hemicelulosa es digerida por otro tipo de bacterias; y aunque algunas especies que digieren celulosa también son capaces de digerir hemicelulosa, la mayoría de los que utilizan hemicelulosa no pueden hidrolizar celulosa. Algunas especies que hidrolizan celulosa son: *Butyrivibrio fibrosolvens* y *Bacteroides ruminicola*. También, muchas de estas bacterias celulolíticas son amilolíticas (que digieren almidón). En este caso sucede lo mismo que con las bacterias que digieren hemicelulosa, ya que las bacterias amilolíticas no son celulolíticas.

Cuando un animal es alimentado con un alto porcentaje de granos, este es el tipo de bacterias que predomina (Varga y Kolver, 1997). Las especies amilolíticas más importantes son: *Bacteroides amylophilus*, *Succinomonas amylolytica*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *B. alactiacidigens*, *Bacteroides ruminicola*, *Selenomonas ruminatium*, *S. lactilytica* y *Streptococcus boris*.

Los rumiantes se han adaptado a una gran variedad de nichos ecológicos, debido a la diversidad de poblaciones microbianas ruminales fundamentalmente: bacterias, protozoarios y hongos. Los rumiantes tienen una habilidad para convertir alimentos de baja calidad en proteína de alta calidad. Esto es posible por los microorganismos ruminales, los cuales sintetizan y secretan la enzima *B 1-4* celulasa, que ocasionan hidrólisis en las paredes celulares de las plantas (Cheng *et al.*, 1991).

Sin embargo, la actual conversión de alimentos, específicamente forrajes fibrosos a carne o leche, no es muy eficiente. Solo el 10-35% de la energía consumida, es capturada como energía neta, porque el 20-70% de la celulosa no puede ser digerida por el animal. Si un mayor porcentaje de la energía total de la dieta estuviera disponible para los rumiantes, la dieta podría ser formulada con una significativa reducción de costos (Varga y Kolver, 1997).

De acuerdo a Cheng *et al.* (1991) son cuatro los principales factores que regulan la digestión ruminal de la fibra:

1. Estructura y composición de la planta, la cual regula el acceso bacterial,
2. Densidad de población de los microorganismos,
3. Factores microbianos que controlan la adhesión e hidrólisis por complejidad de enzimas hidrolíticas de las poblaciones microbianas adherentes,
4. Factores animales que controlan la disponibilidad de nutrientes a través de la masticación, salivación y cinética digestiva.

BACTERIAS

Las principales bacterias fibrolíticas incluye *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens* y *Ruminococcus albus*. *Butyrivibrio fibrisolvens* también produce una celulasa, pero esta es más importante en la hidrólisis de la hemicelulosa. Las bacterias fibrolíticas tienden a degradar más rápidamente las estructuras digestibles tales como las células

mesófilas. Aunque, *F. succinogenes* digiere parénquima, epidermis de paredes celulares y esclerénquima de hojas. *F. succinogenes* interactúa sinérgicamente con bacterias no celulolíticas durante la digestión del forraje. Ejemplo de esta acción sinérgica, incluye el incremento doble en la utilización de hemicelulosa y pectina del *Orchard grass* con la bacteria hemicelulolítica: *Provetella ruminocola* sobre la *F. succinogenes* (Osborne y Dehority, 1989).

HONGOS

Los Hongos constituyen un porcentaje aproximado del 8% de la biomasa microbiana en el rumen. Tienen un importante papel en la digestión de la fibra, porque son capaces de penetrar en cutícula y pared celular de tejidos lignificados. Esto sugiere que estos tienen una actividad cutinasa. Los hongos pueden penetrar los materiales más recalcitrantes de la pared celular incluyendo el esclerénquima y tejido vascular. Los hongos digieren un 50% del material fibroso, mientras que las bacterias ruminales, digieren de 14-25%. También, la actividad fibrolítica de los hongos incluye celulosa y hemicelulasa. El tiempo de acción de las bacterias es mayor que el de los hongos 6-9 horas vs .5 a 3.5 horas (Orpin y Joblin, 1988).

PROTOZOARIOS

Estudios *in-vitro* sugieren que de un 19-28% de la actividad de la celulasa, es atribuida a los protozoarios. Estos digieren tejidos muy susceptibles, tales como células del mesófilo. Asimismo, estudios han demostrado que la defaunación reduce la digestión de la fibra. Los disacáridos y los polisacáridos deben ser hidrolizados hasta monosacáridos para poder pasar la pared intestinal y llegar al torrente sanguíneo y posteriormente, poder ingresar al interior de las células para su utilización (Bonhomme, 1990; Yang y Varga, 1993).

Frecuentemente, para el proceso de digestión, los microorganismos penetran las barreras de resistencia, tales como la capa de cera epicuticular y cuticular que pueden restringir el ataque enzimático. La sílica y los taninos presentan capas adicionales de material recalcitrante para la penetración de microorganismos. También, los hongos ruminales degradan las áreas más vulnerables de los tejidos de las plantas, pero en adición, tienen la habilidad de penetrar en la cutícula. Algunos investigadores, han demostrado la adhesión de microorganismos ruminales como prerrequisito para la digestión de partículas de forraje en el rumen. El grado de colonización y modo de ataque, es específico para cada especie microbiana. Las bacterias ruminales poseen una serie de enzimas hidrolíticas, incluyendo celulasas y hemicelulasas.

Además, los hongos anaeróbicos poseen un arreglo de enzimas fibrolíticas, incluyendo xilanasas y celulasas. Además, los protozoarios poseen xilanasas, celulasas y glicosidasas (Kudo *et al.*, 1990).

HÁBITOS DE COMPORTAMIENTO DEL BOVINO

Por comportamiento animal, nos referimos a las diferentes actividades que realiza el animal, como son la ingestión de forraje (pastoreo-ramoneo), rumia, caminata, descanso, acción y frecuencia de tomar agua (beber), interacción social y sexual, entre otras. Existen diversos factores que determinan e influyen el comportamiento del ganado en pastoreo Herbel y Nelson (1996). Estos autores los sintetizan de la siguiente forma: condiciones climáticas, tipo y condición de la vegetación, edad y sexo, tamaño del hato, distribución y forma de los potreros, sistema de manejo, disponibilidad de agua, época del año, raza, organización social y disponibilidad de agua, entre otros.

Al comportamiento animal, se le considera como la respuesta del organismo hacia un estímulo exterior de índole diversa, presentando hábitos naturales y adquiridos a través de su vida, regidos por el sistema nervioso central. Además, los animales tienen órdenes sociales y patrones de comportamiento, que varían de acuerdo al tipo de animal (especie, edad, raza), a la época del año, medio ambiente y manejo. Por lo tanto, el conocimiento del comportamiento animal permite establecer las bases para un programa de manejo de pastizales y manejo de ganado (Squires, 1982).

Los hábitos de pastoreo, la justificación de conocer la interacción que ocurre entre el comportamiento de los animales pastoreando y el ambiente en donde ellos viven, tiene un efecto en la producción de los animales. Los rumiantes requieren realizar diversas actividades durante las 24 horas del día. Entre las que destacan comer (pastoreo y ramoneo), rumiar caminar, descansar y tomar agua (Fierro *et al.*, 1990).

El ecosistema de los animales en pastoreo, es caracterizado por una serie de interrelaciones, dentro de la interfase planta-animal, regida por relaciones causa- efecto en diferentes estructuras del forraje, los cuales determinan patrones de comportamiento y desempeño animal (Sarmiento, 2003).

El conocimiento de los ciclos diarios de pastoreo de los animales, así como el tiempo gastado por día para sus actividades, son factores de gran relevancia en sistemas de producción en pastoreo. La definición de horarios en que preferentemente los animales realizan sus actividades en el agostadero, es importante para el establecimiento de estrategias adecuadas de manejo. El tiempo total gastado en pastoreo, es un factor relacionado con el consumo voluntario, con mayor o menor gasto de energía (Ribeiro *et al.*, 1997).

Un animal en pastoreo puede seleccionar su dieta, de ese modo, el pastoreo selectivo permite compensar la baja calidad del forraje, posibilitando la ingestión de partes más nutritivas de las plantas (Olivo *et al.*, 2004). Por lo tanto, el comportamiento selectivo promueve el aumento en el tiempo total de pastoreo.

La información respecto a los hábitos de pastoreo de los animales, es de gran importancia, ya que los hábitos de pastoreo representan uno de los medios más efectivos,

por los cuales los animales se adaptan a las diferentes condiciones ambientales y, por lo tanto, a través de su conocimiento y entendimiento, es posible influir sobre la producción animal. Además, el conocimiento de los hábitos de pastoreo proporciona una herramienta útil para el establecimiento de programas de manejo, tanto del pastizal como de los animales (Fierro *et al.*, 1990).

El ganado en pastoreo reacciona a muchos estímulos en el proceso de obtención del alimento. El ganado no pastorea al azar o uniformemente en un pastizal o potrero, sino que selecciona por especies de plantas preferidas y por porciones específicas de plantas individuales distribuidas en el gradiente ecológico. El ganado tiene preferencia por ciertas localidades o sitios dentro de un potrero o pastizal. Los hábitos de pastoreo del ganado son un proceso dinámico, altamente interactivo y complejo, el cual tiene un impacto muy importante sobre la productividad vegetal y animal (Fierro *et al.*, 1978).

Los hábitos de pastoreo de los herbívoros son una función de la disponibilidad de forraje, sitio y localidad, composición, la proporción de forraje verde y de los sistemas de manejo del pastoreo. La vegetación está caracterizada de acuerdo con el tipo de especies o grupos de especies, estado de madurez y por sitio o localidad. La demanda animal es una función del número, peso, edad y condición fisiológica (Rice *et al.*, 1971).

PREFERENCIA POR SITIO

Generalmente, los animales se comportan de una manera para conservar energía y hacen el menor esfuerzo posible. Además, el concepto del sitio está basado en dos consideraciones: el tipo de terreno y la accesibilidad. El tipo de terreno influye sobre la distribución del pastoreo de los animales. La localización de las fuentes de agua y la distancia al agua, tienen influencia sobre la distribución del pastoreo. Es difícil determinar la distancia que el ganado recorrerá cómodamente en sus actividades de comer y beber. El ganado camina en condiciones severas hasta 20 km. para obtener agua. Recorridos de 5 a 15 km diarios han sido reportados, lo cual depende de la densidad de la vegetación, el tipo de terreno y el clima (Fierro *et al.*, 1990).

PREFERENCIA POR TIPOS DE VEGETACIÓN

De acuerdo con Villalobos *et al.* (1984) las actividades más importantes que deben ser observadas en los animales en pastoreo son:

1. Tiempo dedicado al pastoreo,
2. Tiempo dedicado a rumiar (echados o parados),
3. Tiempo dedicado a caminar,
4. Tiempo dedicado a descansar (echados),

5. Tiempo dedicado a amamantar,

6. Número de veces que los animales beben el agua, defecan, orinan y acuden al saladero.

MÉTODOS PARA MEDIR LOS HÁBITOS DE PASTOREO (OBSERVACIONES VISUALES)

Existen diversos métodos para medir los hábitos de pastoreo, sin embargo, los mejores resultados se obtienen cuando los animales son observados continuamente, durante todo el día, o sea desde que amanece hasta que anochece, aproximadamente de 12 a 13 horas de observación. Además, las estimaciones adecuadas del pastoreo y de la rumia, pueden ser obtenidas por observaciones hechas en intervalos de 15 y 30 minutos de duración, no obstante, a intervalos de 30 min no dan estimaciones confiables de actividades de poca duración, tales, como: caminar, dormir, amamantar, defecar, orinar y consumir agua. También, las observaciones con intervalos de 60 minutos, tampoco proporcionan estimaciones confiables para ninguna actividad, pero permiten la observación de un número mayor de animales (Villalobos *et al.*, 1984).

En general, los rumiantes en pastoreo dedican un tercio de tiempo pastoreando, un tercio rumiando y un tercio descansando, pero esto varía de acuerdo con la disponibilidad del forraje en el pastizal. El tiempo dedicado a pastorear aumenta a medida que la disponibilidad del forraje disminuye. El tiempo dedicado a rumiar se reduce a medida que la disponibilidad de forraje disminuye. El tiempo dedicado a descansar disminuye a medida que disminuye la disponibilidad de forraje. En general, a medida que aumenta la madurez del forraje, aumenta el tiempo dedicado a rumiar y disminuye el dedicado a pastorear. Los bovinos son más fácilmente observados; pastorean de 7.5 a 10 horas diarias, descansan de 4 a 7.5 horas, ocurren diariamente al bebedero y menos frecuentemente al saladero (Rice *et al.*, 1971).

FACTORES AMBIENTALES

Por otro lado, las condiciones de sequía influyen en el comportamiento de los animales, ya que los obliga a elaborar estrategias de termorregulación y de ahorro del gasto energético. Todas las desviaciones del régimen termal acostumbrado, condujeron a una reducción en el tiempo de pastoreo y probablemente del consumo. Los cambios absolutos de corta duración (12 h) en la presión barométrica, aumentaron en tiempo de pastoreo en menor grado (Villalobos *et al.*, 1984).

El ganado disminuye sus actividades en épocas de mayor calor. En general, a mayor temperatura menor es el tiempo que los animales dedican a pastorear. Otro factor que influye en los hábitos de pastoreo es el nivel de humedad relativa; en días calurosos y húmedos, el tiempo dedicado a pastorear aumenta cuando la velocidad del viento crece

(Villalobos *et al.*, 1984). En general, los bovinos pastorean más intensamente durante la mañana temprano y al atardecer. Las ganancias de peso son mayores en animales que cuentan con sombreaderos naturales o artificiales, que en los que no tienen sombra. El tiempo dedicado a pastorear es mayor cuando hay abundante fuente de sombra, que cuando hay menor o no hay.

El ganado en pastoreo, sin sombra, refleja su necesidad de sombra a través del jadeo constante, camina excesiva y constantemente, reduce la rumia, se agrupa en las esquinas de los poteros y frecuentemente bebe agua (Cuadro 2).

| Actividad | Sombra cerca del agua | Sombra lejos del agua |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Tiempo bajo sombra (min). | 29.3 | 36.8 |
| Tiempo caminando (min) | .2 | 6.9 |
| Tiempo rumiando (min) | 41.1 | 27.7 |
| Tiempo descansando (min) | 10.5 | 0.7 |
| Aumento de peso (kg) | 7.2 | 5.1 |
| Veces bebiendo | .5 | .5 |
| Veces orinando | .7 | .7 |
| Veces defecando | .1 | .1 |

Cuadro 2. Influencia de la distancia de los sombreaderos al agua sobre los hábitos de pastoreo de bovinos productores de carne

El mismo autor menciona que con el fin de obtener un balance energético, los animales se aclimatan al estrés medioambiental en tres fases entrecruzadas:

1. De comportamiento (funcional),
2. Fisiológica,
3. Morfológica.

El tiempo de pastoreo, es el máximo cuando las temperaturas diarias coinciden con la temperatura acostumbrada. Cualquier desviación del régimen de temperatura acostumbrada, resulta en una disminución en el tiempo de pastoreo. Los cambios en la temperatura, la presión barométrica, la humedad relativa y la temperatura, fueron los factores climáticos que más afectaron (Chacón y Stobbs, 1976).

Desde un punto de vista práctico, lo más importante es que los animales que no reciben suplemento caminan más, pastoreando más completamente el pastizal, en lugar de pastorear únicamente alrededor del sitio en que se coloca el suplemento (Chacon y Stobbs, 1976).

El problema anterior puede ser resuelto por medio del manejo, por ejemplo, cambiando frecuentemente el sitio de suplementación o bien, utilizando suplementos en formas de bloques.

Al respecto, se observó que al administrar en un pastizal harinolina y cebada diariamente a las 8:00 horas, y se encontró que las vacas dedicaron aproximadamente 1.3

horas caminando alrededor de los comederos antes de la suplementación y no dejaron el área hasta las 15:00 horas. Las vacas suplementadas pastorearon 2.8 horas menos por día que las no suplementadas (Wagnon, 1963).

Al admitir que el bocado es la unidad básica para la obtención de nutrientes, Carvalho *et al.* (2000) sintetizan el proceso de pastoreo en tres etapas no necesariamente excluyentes: a) tiempo de procura por los animales, b) tiempo para realizar el bocado y c) tiempo para manipulación del bocado. Minson y Wilson (1994), las características químico-bromatológicas, físico anatómicas y de cinética digestiva favorecen el consumo de forraje por los animales.

Chacon y Stobbs (1976) evaluaron los hábitos de pastoreo de bovinos, en otoño y primavera, y verificaron que el tiempo de pastoreo varió de 9.88 a 10.76 horas, la tasa de bocados varió de 59.4 a 62.4 bocados por minuto, respectivamente, en las dos estaciones. Farinatti *et al.* (2004) estudiaron el comportamiento de pastoreo en vacas de la raza Holstein en el tercio final de la lactación, en pastoreo natural, ellos observaron que el tiempo de pastoreo varió entre 8.28 y 9.83, el de rumia varió entre 5.23 y 9.88 y el de ocio entre 3.76 y 6.86, la tasa de bocados de 38 a 43 por minuto, de acuerdo con la disponibilidad de forraje.

Zanine *et al.* (2007) realizaron un experimento para determinar el comportamiento ingestivo de pasto en vacas lecheras en praderas con *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria decumbens* en un sistema de rotación continua. Encontraron que el tiempo de pastoreo fue menor para *Brachiaria brizantha* 10.28 horas, con relación a *Brachiaria decumbens*, donde el tiempo de pastoreo fue de 12.86 horas. Un comportamiento opuesto fue para el tiempo de rumia donde fue 7.95 horas y 6.45 horas para *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria decumbens*, respectivamente.

Por otro lado, con relación a la cantidad de bocados por minuto, fue menor en *Brachiaria decumbens* 37.30, y mayor en *Brachiaria brizantha* 42.12. No encontraron diferencias entre las variables medidas. Concluyen que las vacas, modifican el comportamiento de pastoreo, como forma de compensar diferencias en la estructura y valor nutricional de los pastos, en relación a los pastos estudiados (Zanine *et al.*, 2007).

El manejo del ganado en pastoreo y del pastizal propiamente dicho, son aspectos fundamentales en la operación de cualquier explotación ganadera bajo condiciones extensivas; y el conocimiento y comprensión de los hábitos de comportamiento del animal en pastoreo, son de gran importancia en la planeación y desarrollo de un sistema de manejo, acorde al tipo de animal y a las condiciones propias de la explotación. También, es necesario considerar que el comportamiento animal en pastoreo, va a estar regido por una serie de factores como el clima (Sánchez y Mena, 1977; Anderson y Kothman, 1980) carga animal (Ebersohn *et al.*, 1983; Reyes, 1983; Villalobos *et al.*, 1984) suplementación (Fierro, 1978), época del año (Márquez *et al.*, 1984), especie animal, prácticas de manejo y tipo de vegetación, además, de factores intrínsecos del individuo, que de igual forma, van a ejercer una influencia en su comportamiento (Valenzuela, 1977).

Sánchez y Mena (1977) y Anderson y Kothman (1980) reportan que el tiempo invertido en pastoreo, varía de 4.5 a 14.5 horas, pero lo más común, es entre 7 y 10 horas. Además, señalan que el tiempo invertido en la rumia, varia de 1.5 a 10.5 hrs. pero lo más común, es entre 5 a 9 horas y depende de la cantidad y la digestibilidad del forraje. Es importante destacar, que cuando se incrementa demasiado el tiempo de pastoreo (más de 8 horas), puede existir una competencia con el tiempo de la rumia y el descanso, pues son actividades que los animales no pueden hacer al mismo tiempo que el pastoreo y como consecuencia, el animal no puede producir lo óptimo (Spedding *et al.*, 1966).

TIEMPO DE PASTOREO

De acuerdo con: Morley (1981), el tiempo que el animal invierte en pastorear (comer) está influenciado por:

1. Los requerimientos del animal
2. La cantidad y calidad de forraje
3. Clima
4. La velocidad (tasa) a la cual el animal come, entre otros.

Los factores que afectan el tiempo de pastoreo, arriba mencionados no son excluyentes, por ejemplo, la velocidad es afectada por la calidad del forraje y la cantidad de forraje. Los animales al principio de la lactación invierten entre el 7% y 12 % más de tiempo en pastorear que los animales secos (Morley, 1981).

CALIDAD Y CANTIDAD DE FORRAJE

Morley (1981) describe que en la temporada seca, el tiempo de pastoreo (5.26 horas) se redujo debido a la mala calidad del forraje, comparado con el tiempo de pastoreo (6.74 horas) en la temporada húmeda, cuando la calidad del forraje, es adecuada Los forrajes en abundancia y de baja calidad (con 6.5% de proteína aproximadamente) van a llenar el rumen, lo cual limita la cantidad de comida y probablemente, no proporcione los suficientes nutrientes que el animal requiere, por lo que hay que suplementar proteína. Además, los potreros en mala condición (con poca cantidad de forraje) fuerzan al animal, a invertir más tiempo en buscar forraje para llenar sus requerimientos (Cuadro 3).

| Horas de pastoreo por día | Condiciones |
|---------------------------|----------------------------|
| 5.26 | Temporada seca |
| 6.74 | Temporada de lluvias |
| 7.57 | Potrero en buena condición |
| 9.28 | Potrero en malas condición |

Cuadro 3. Horas de pastoreo bajo condiciones diferentes de clima y de condición del pastizal

REGIONES DE CLIMA FRÍO

Malecheck y Smith 1976, señalan que en aquellas regiones de climas muy fríos, se ha observado que:

1. El tiempo de pastoreo se reduce en rango de temperatura entre 5°C–24°C,
2. El ganado pastorea la mitad del tiempo a -40°C que a -18°C,
3. Cuando la temperatura es demasiado baja (frío) el animal no pastorea o pastorea muy poco.

CLIMAS

El tiempo de pastoreo se reduce cuando la temperatura ambiente excede los 26°C, y la humedad relativa, es alta. El pastoreo se reduce en 0.2 horas por cada °C de aumento en la temperatura en el rango de 21°C a 32°C (Morley, 1981).

LA VELOCIDAD DE CONSUMO

La velocidad (tasa) a la cual el animal come. El consumo de animales en pastoreo, se puede estimar contando el número de bocados por minuto y calculando el tamaño del bocado. La velocidad para comer, se afecta por el tamaño del bocado y por los bocados por minuto.

Por ejemplo, vacas con condición corporal de tres, comen más rápido que las vacas con condición corporal de 5.5, las primeras promediaron 46 mordidas por minuto, pero las vacas con mejor condición corporal promediaron 40 mordidas por minuto (NRC, 2002).

PATRÓN DE PASTOREO

Las horas del día en que las diversas actividades pueden modificarse, dependen principalmente de las condiciones climáticas. El patrón de pastoreo durante el día, es alterado para ajustarse a las condiciones climáticas y poder mantener un tiempo de pastoreo apropiado, para asegurar un consumo adecuado (Malechek y Smith, 1976).

El pastoreo es predominantemente una actividad que se realiza en la luz del día, tanto en ganado de carne como en ovinos (Stobbs, 1970; Arnold y Dudzinski, 1978). Investigaciones realizadas sugieren que cuando las temperaturas en el día son de 15 °C, la actividad de pastoreo disminuye, cuando las temperaturas son mayores a los 25°C, el pastoreo normalmente ocurre durante la noche con un porcentaje de pastoreo, que va de los 0 a 70% del tiempo total de pastoreo diario (Arnold, 1981).

Recientes investigaciones en ganado de carne, indica que del 65 al 100% del tiempo de pastoreo diario, ocurre de las 6:00 am a las 19:00 pm. El pastoreo nocturno, representa un pequeño porcentaje del total del tiempo de pastoreo diario y contribuye

en un porcentaje mínimo con el consumo diario de forraje (Stobbs, 1970; Stricklin *et al.*, 1976).

La suplementación puede causar variaciones en los patrones de comportamiento diario del animal, sin embargo, en la literatura revisada no se indica que la suplementación altere los porcentajes de pastoreo durante el día vs. la noche, comparado con los no suplementado (Stockdale y King, 1983).

Allden y Whittaker (1970) indican que el tiempo de pastoreo diario, varía de 351 a 771 minutos diarios de pastoreo con una amplia variación de tipos de pastizales, de temperatura, de regímenes de suplementación, de sistemas de manejo del pastizal y de tipos de forraje.

En general temperaturas menores a los 0° C, decrece de manera significativa el tiempo de pastoreo diario del ganado ($<0^{\circ}\text{C}$) (Malechek y Smith, 1976; Adams *et al.*, 1986; Barton *et al.*, 1992; Brandyberry *et al.*, 1992; Dunn *et al.*, 1988), aunque siguen que existe un proceso de aclimatación cuando las temperaturas extremas se mantienen.

Generalmente, la mayor parte del tiempo de pastoreo ocurre al amanecer y al atardecer. Conforme los días se hacen más cortos (se reducen las horas luz) el tiempo de pastoreo es casi continuo durante las horas de luz. Cuando la temperatura máxima del día es menor de 15°C muy poco pastoreo ocurre durante la noche, pero cuando la temperatura máxima del día, es mayor de 25°C el pastoreo durante la noche varía de 0 al 70% del total del tiempo de pastoreo, el cual es influenciado por la humedad relativa (Prescott *et al.*, 1994).

La rumia depende de la calidad del alimento. Con alimentos de mejor calidad, el tiempo de rumia es menor, y por el contrario, alimentos de mala calidad o demasiado fibrosos, aumentan el tiempo de rumia, así como la cantidad de forraje consumido, también determina el tiempo de rumia. La posición ideal para la rumia, es en decúbito esternal, aunque en algunas ocasiones la pueden realizar de pie o caminando. El animal invierte de 5 a 9 h. del día para la rumia. Este tiempo, es la suma del tiempo de regurgitación, de masticación, salivación, deglución y el intervalo entre bolos. Las horas totales están divididas en 15 a 20 períodos de rumia diseminados en las 24 h del día, siendo el horario que más ocupan en rumiar, el posterior al pico de ingesta que ocurre al anochecer (Grandin, 2000).

La duración de los periodos de rumia puede variar de un minuto a superiores a una hora. La remasticación y salivación lleva 50 a 60 segundos, tragar, pausa, regurgitar 7 a 9 segundos (Grandin, 2000).

El ganado bovino posee la tendencia natural de dispersarse en pequeños grupos para pastorear, más los animales jóvenes se inclinan más a permanecer en grupos grandes. Prefieren las gramíneas, más son oportunistas y pueden cambiar a otras plantas. También, las características de su aparato digestivo, permiten acomodar grandes cantidades de material, con un alto contenido de celulosa aprovechable por su flora ruminal (Sprinkle *et al.*, 2000).

Frecuentemente, los hábitos de pastoreo se ven afectados por las condiciones climáticas prevalecientes, y los cambios bruscos de éstas. Los animales pastorean más tiempo, durante los días fríos y menos tiempo durante los días calurosos, arriba de 27 °C. Este efecto de clima hace que el animal elabore estrategias para su eficiente termorregulación corporal, encontrándose esto altamente especializado entre especie (Malecheck y Smith, 1976).

Esto indica que el comportamiento animal, es uno de los más efectivos métodos de adaptación, ya que los animales evitan situaciones críticas, buscando refugio, o bien cambios de postura, actividad e ingesta de agua y alimento, esto además de las características genóticas y fenotípicas de cada especie o raza, como sería el caso de las razas cebuínas que presentan altas evaporaciones cutáneas, que les permiten disipar el calor, o como los ovinos que poseen una capa de lana que actúa como aislante térmico (Prescott *et al*, 1994).

En los bovinos adultos se puede considerar que el tiempo que invierten pastando es de 5 a 9 h., rumiando 5 a 9 hs, en descanso 5 a 9 horas y beben de 1 a 4 veces al día (Giménez, 1999). El trabajo diario de un animal a pastoreo es dividido en periodos alternados de pastoreo, rumia y descanso. La duración y la magnitud de la distribución de las actividades de pastoreo y rumia pueden ser influenciadas por las condiciones del pastizal (Hodgson, 1982).

El mayor tiempo de descanso para bovinos en pastoreo se efectúa alrededor del mediodía, coincidiendo generalmente con las horas de mayor temperatura, ya que normalmente merma la actividad de pastoreo al aumentar por encima de 25° C la temperatura ambiental, esto sobre todo en primavera y verano (Krysl y Hess, 1993).

El sentido del tacto está bien desarrollado en los bovinos y en otras especies. Detectan los insectos sobre su piel y pueden sacudir selectivamente áreas de piel para quitarlos. Muestran considerable cuidado de sus cuerpos y se frotan en los postes o árboles, y se rascan ellos mismos con las pezuñas o los cuernos. Los animales se rascan, lamen y se espantan las moscas. Los bovinos Brahman tienen un contacto más estrecho uno con otros cuando se echan, con respecto a las razas europeas (Cunningham y Acker, 1998; Bavera, 2002).

Todos estos factores, repercuten en el gasto energético de un animal, que siempre será mayor en los animales en libre pastoreo, que, en los animales estabulados, resultando en diferencias en gasto energético, que va desde un 10% hasta un 100% (Osuji, 1974).

Además, los animales tienen órdenes sociales y patrones de comportamiento, que varían de acuerdo al tipo de animal (especie, edad, raza), a la época del año, medio ambiente y manejo (Belovsky, 1997). Por lo tanto, el conocimiento del comportamiento animal permite establecer las bases para un programa de manejo de pastizales y manejo de ganado (Herbel y Nelson, 1996). Los rumiantes se alimentan de forrajes *ad-libitum* comiendo por 5 hasta 10 horas por día y gastan un similar tiempo rumiando. Cuando el comportamiento es

en corral, el comportamiento alimenticio es programado en su distribución, usualmente dos veces por día. El 68 % del alimento consumido en un día es comido durante dos comidas principales (Belovsky, 1997).

Este comportamiento está en relación directa con la cantidad de comida ofrecida, situación muy diferente ocurre con los animales en libre pastoreo, donde tiene que seleccionar las plantas del pastizal y consumir su alimento (Jarrige *et al.*, 1995). Cuando los animales se alimentan, se adaptan a sus condiciones ambientales, desarrollando su capacidad de conocer las especies de plantas y sus habilidades de pastoreo, aprendiendo y memorizando la distribución de las especies. Al respecto, (Dumont y Petit, 1998) mencionan que los herbívoros pueden utilizar dos criterios para maximizar su consumo nutricional, cuando se enfrenta a una variedad de plantas del pastizal: mínima digestibilidad y mínima cosecha y esto dependerá de la densidad de plantas y su talla (masa).

Si los herbívoros seleccionan a las plantas por sus características, entonces por su diferente talla corporal, deberían seleccionar diferentes rangos de estas características debido a la relación alométrica en fisiología digestiva, habilidad para consumir plantas y demandas nutricionales (Belovsky, 1997). El consumo de alimento es influenciado principalmente por el hambre y por la saciedad, que es generalmente agradable. Recientemente, Forbes (1995) postuló que los “rumiantes comen aquella cantidad de alimento que los deja con las sensaciones más agradables”.

La regulación del consumo de comida y selección de la dieta, combina el control a corto plazo de comportamiento alimenticio relacionado con la regulación de la homeostasia corporal y el control a largo plazo, que depende de exigencias alimenticias y reservas de cuerpo (Faverdin *et al.*, 1995). Los factores de comida actúan principalmente sobre el control a corto plazo, también destaca que la tasa inicial de consumo representa la motivación para comer, y la constante desaceleración de la función exponencial del proceso de saciedad. También, la cinética del consumo fue modelada sobre ramas frescas frondosas ofrecidas dentro a cabras. La tasa de consumo, sobre todo al principio de la comida, parece ser un factor clave para entender variaciones en el consumo voluntario entre forrajes. Al principio de la comida, la motivación para comer un forraje dado, expresa las propiedades sensoriales y nutritivas de la comida que fueron aprendidas en experiencias anteriores.

Los patrones de alimentación de los rumiantes están determinados por los períodos de pastoreo los cuales esencialmente ocurren durante el día. El tiempo de pastoreo es organizado en períodos de 6 a 8 con dos principales períodos al amanecer y al atardecer. Asimismo, la rumia es dividida dentro de períodos dentro de comidas durante el día y forma parte de la principal actividad durante la noche (Belovsky, 1997). Durante la noche a temperaturas (>25°C), los animales adaptan sus actividades para evitar pastorear en días calientes: ellos inician temprano por la mañana, prolongan la comida por la tarde y también pueden pastorear por la noche (Jarrige *et al.*, 1995).

Baumont *et al.*, (1990) mencionan que el proceso de saciedad, señales de post-ingestión, llegan a contribuir el proceso de saciedad dentro de la alimentación. Señales de retroalimentación son integradas en el control de consumo para prevenir el exceso. La cantidad de comida en el rumen, alcanza su primer máximo después de la comida principal de la mañana y el máximo diario después de la comida principal de la tarde.

La capacidad del rumen, está involucrada en el control de consumo y es soportado por dos tipos de evidencias, los mecano-receptores están presentes en la pared del rumen e incrementa el llenado del rumen con el material indigestible. Cuando el rumen es llenado, se incrementa con el material indigestible, los animales incrementan el número de comidas y el tiempo dedicado a la rumia (Baumont *et al.*, 1990).

El comportamiento hedónico, los mecanismos de recompensa cerebral en cierta medida, pueden inducir el comportamiento hedónico alimenticio, que compite con factores fisiológicos que controlan el consumo. Las propiedades sensoriales de la comida, estimularán el comportamiento hedónico en cierta medida. Sensaciones desagradables comiendo paja, pueden explicar su valor hedónico bajo. El comportamiento hedónico, puede explicar consumo voluntario superior a las exigencias con forrajes de buena calidad (Greenhalgh y Reid, 1971).

La motivación sensorial inducida por una segunda distribución de heno fresco anulará las señales de saciedad asociadas con la primera distribución. Sin embargo, el tamaño de la segunda comida depende de palatabilidad (Baumont *et al.*, 1997).

Sin embargo, el comportamiento hedónico compite con el esfuerzo que tiene que ser gastado para ganar la recompensa. En una situación de prueba, cuando los animales tienen que andar para obtener un forraje de buena calidad, la preferencia para el forraje depende de la cantidad presente en el pastizal (Dumont *et al.*, 1998).

SISTEMAS DE PASTOREO

PASTOREO CONTINUO

El pastoreo continuo se refiere a un sistema extensivo de pastoreo en el cual el animal permanece durante un período prolongado en el mismo potrero. Generalmente, este sistema es utilizado en los pastos naturales, en los cuales, por su escasa producción y crecimiento, no se justifica la subdivisión de potreros. Además, por regla general, la capacidad de carga de estos sistemas es relativamente bajo, los potreros se subpastorean durante la época de lluvia y se utilizan en exceso durante las épocas secas, con el consiguiente deterioro de la cobertura forrajera. Asimismo, este sistema favorece la propagación de las malezas, la reinfestación de ecto y endo parásitos de los animales, una inadecuada distribución de las heces y orina en la pastura y especialmente, un deficiente aprovechamiento del forraje. Por lo general, se utiliza gran extensión de tierra, con poca inversión, el hato permanece junto, el animal selecciona el pasto, no hay descanso, puede haber deterioro del potrero (Heitschmid y Stuth, 1991).

PASTOREO DE CORTA DURACIÓN

Es la práctica en la cual los animales se mueven de un potrero a otro, con el fin de utilizar más eficientemente todo el pastizal. También, se refiere a un sistema intensivo de manejo de agostaderos, en el cual el área de pastoreo se subdivide en cierto número de potreros y se hace que el ganado utilice los mismos en forma rotacional, aprovechándolos por períodos cortos y permitiéndoles un tiempo adecuado para su recuperación. La duración del período de pastoreo, depende de la disponibilidad del forraje, del tamaño del potrero y del número de animales en el hato. El período de recuperación, está influenciado por el grado de crecimiento y producción de la especie. Básicamente, el sistema persigue la máxima utilización de los pastos, cuando están en crecimiento y muestran un mayor valor nutricional, permitiéndoles un adecuado período de recuperación. Esta máxima utilización debe ser en el menor tiempo posible, para evitar el consumo o daño por animal de los rebrotes y una consecuente debilidad de la plántula por el agotamiento de sus reservas radicales. Además, en este sistema de pastoreo los animales caminan menos, requiere una mayor inversión inicial, el animal selecciona menos, hay una recuperación del zacate más rápida, hay una mejor distribución de heces y orina, y el animal consume especies de mejor calidad (Heady y Child, 1994).

COMPOSICIÓN BOTÁNICA, SELECTIVIDAD DE LA DIETA E IMPACTO DEL PASTOREO

El conocimiento de la composición de la dieta del ganado, es básico para el entendimiento de su nutrición, así como para el manejo de los pastizales. La selección de la dieta, es un proceso multidimensional que involucra varios factores:

1. Sistema nervioso central,
 - a) Sentidos,
 - b) Aprendizaje y experiencias juveniles,
2. Disponibilidad y tipo de forraje,
3. Tamaño corporal,
4. Tipo de sistema digestivo,
5. Volumen retículo-ruminal con el peso corporal,
6. Características anatómicas de quijada, boca, labios y lengua.

Estos factores determinan la percepción o reconocimiento de las plantas y la decisión de qué comer, para lo cual el animal recurre a diversas estrategias de selección aún no bien definidas, basadas en dos teorías. La primera es la teoría de Eufagia, la cual establece que el herbívoro selecciona su dieta, buscando una nutrición óptima y evitando la intoxicación.

La segunda es la teoría de la Edifagia, que establece que la selección del alimento, se realiza buscando maximizar las sensaciones placenteras como olor, sabor y textura (Provenza y Balph, 1987).

Laycock *et al.* (1972) destacó que el muestreo con fístulas esofágicas y las estimaciones de utilización ocular, dieron cifras similares en la composición de la dieta y en el porcentaje de utilización por las ovejas para la mayoría de las especies en un tipo vegetativo de herbáceas leñosas altas. El pisoteo fue responsable de la pérdida de un medio a dos tercios de la cantidad de forraje en el pastizal. La selección de la dieta, se define como la mezcla de especies de plantas (o partes de ellas), consumidas por un herbívoro en un periodo específico de tiempo y con un determinado contenido de nutrientes. Generalmente, se expresa en términos de porcentajes de sus componentes, ya sea especies de plantas (composición botánica) o nutrientes específicos y su digestibilidad (composición química y valor nutricional).

COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LA DIETA DE LOS ANIMALES EN PASTOREO

El manejo adecuado de nuestros recursos forrajeros (pastizales), es necesario para satisfacer las crecientes demandas de carne. Un mejor entendimiento de la composición botánica de la dieta de los animales en pastoreo, ayudará al manejador del recurso a tomar decisiones sensatas en relación al uso del pastizal y al cuidado de los animales. También, una información más completa sobre la dieta, es obtenida a través de la utilización de animales fistulados. El conocimiento de los hábitos alimenticios de los herbívoros, es esencial para un eficiente manejo de pastizales (Faverdin *et al.*, 1995).

Esta información es requerida si se busca una óptima distribución del forraje entre los diferentes tipos de herbívoros, con el objetivo de seleccionar especies para la resiembra de pastizales deteriorados y para predecir la consecuencia del sobrepastoreo por diferentes animales, identificando especies nuevas sobre las cuales basar el manejo de animales exóticos en un tipo de pastizal específico (Malecheck y Smith, 1976).

Chávez *et al.*, (1986), encontró que las especies que presentaron los valores más altos en cuanto a preferencia o selectividad por los animales bovinos pastoreando en un pastizal mediano abierto, fueron las de los géneros: *Bouteloua*, *Aristida*, *Sporobolus*, *Setaria*, *Botriochloa*, *Cenchrus*, *Panicum*, *Elyonurus*, *Bouteloua*, *Digitaria*, *Croton* y *Erionerum*.

TÉCNICAS DE UTILIZACIÓN (MÉTODO DE CONTEO DE BOCADOS)

La simplicidad, los requerimientos mínimos de equipo y lo fácil de usar, son las mayores ventajas de la observación directa. Las dificultades en la identificación de las especies y la cuantificación de lo que de una planta fue consumida, son los problemas más importantes asociados con este procedimiento (Sprinkle *et al.*, 2000). Además, de incluir con lo siguiente:

Composición botánica relativamente simple del área de estudio,

Buen conocimiento de las especies disponibles en los diferentes estados de crecimiento,

Utilización de los animales experimentales dóciles.

En la actualidad, otras técnicas han sido desarrolladas:

Evaluación visual con separación manual con análisis de peso o volumen,

Métodos microhistológicos,

Técnicas de microscopio de punto.

La información sobre los hábitos alimenticios de diferentes especies de animales que utilizan un mismo pastizal, es importante porque ofrece una base para determinar el uso de los componentes del pastizal para los animales. Consecuentemente, la información sobre los hábitos alimenticios, viene a ser una herramienta importante en la toma de decisiones sobre manejo. La producción de rumiantes depende en gran medida de la disponibilidad de la biomasa forrajera abundante en el período de lluvias y escasa en el periodo de sequía. Cuando el forraje es disponible, en la mayoría de los casos, existen problemas con la calidad, lo que compromete el aporte de nutrientes para los animales (Fierro *et al.*, 1990).

El forraje de pastizales en condiciones de semi aridez, es más palatable a principio de verano (Holechek *et al.*, 1982; Coe *et al.*, 2004) y existe una declinación en calidad a fines de verano, debido al avance de la madurez fenológica y a la sequía. En cambio, los niveles de proteína de los pastos de zonas tropicales, se sitúan en valores promedio de 5.31 y 9.13% (Baldizan y Chacón, 1998).

Estos valores se encuentran alrededor de una línea crítica, que compromete la actividad de los microorganismos presentes en el rumen, especialmente, cuando los valores de proteína cruda son inferiores a 7%. Con el avance de la madurez, los forrajes incrementan su contenido de lignina, lo cual ocasiona un mayor descenso de la degradabilidad de los elementos contenidos en la pared celular, lo que reduce la disponibilidad energética para el animal hospedero (Parra *et al.*, 1972; Minson, 1981; Van Soest, 1982).

Además, entre los factores que más limitan la utilización eficiente del forraje con fines productivos se han sugerido los siguientes (Leng, 1990):

- a) Baja disponibilidad de nutrientes para sostener el crecimiento microbiano eficiente.
- b) La proporción de los componentes celulares solubles en relación con los carbohidratos de la pared celular afecta en forma directa la población de la microbiota ruminal.
- c) Las características físicas y químicas del forraje determinan la proporción de alimento digerido en la fermentación ruminal y de aquellos nutrientes de la dieta que escapan de la misma los cuales son disponibles para la digestión y su absorción en el tracto gastrointestinal posterior.

PASTOREO SELECTIVO POR LOS ANIMALES

Si la composición botánica o química del forraje disponible en el pastizal difiere de la del forraje consumido por los animales en pastoreo, esto es un indicador del pastoreo selectivo o selectividad. Uno de los principales problemas dentro de la nutrición en el agostadero, lo representa el hacer una evaluación precisa de la composición química y botánica de la dieta. En las medidas de selectividad deben ser considerados dos puntos de vista: determinación cualitativa y determinación cuantitativa. A menudo, los animales en pastoreo seleccionan el forraje que integra su dieta de una compleja mezcla de especies vegetativas, por lo que es muy difícil tratar de estimar las especies y cantidad de cada una (Malechek y Smith, 1976; Sprinkle *et al.*, 2000).

FACTORES QUE AFECTAN LA SELECTIVIDAD

La selectividad puede variar con las especies animales, disponibilidad de las plantas, estado de madurez del forraje, intensidad del pastoreo, sitio de pastizal y con las condiciones climáticas. Los bovinos y los ovinos tienen diferentes patrones de selectividad, aun cuando pastoreen en común en el mismo pastizal. En general, las dietas seleccionadas por los bovinos son más altas en celulosa, pero las dietas de los ovinos contienen más proteína, carbohidratos digestibles y fósforo, y además, son más digestibles que las de los bovinos. Generalmente, la composición botánica de la dieta de los animales en pastoreo varía más que la composición química. Los bovinos consumen zacates, y los arbustos y las hierbas son de menor importancia nutricional. También, los ovinos consumen zacates, pero generalmente cantidades mayores de arbustos y hierbas que los bovinos. Los caprinos en libre pastoreo consumen principalmente arbustos y hierbas, siendo los zacates de menor importancia nutricional (Chávez *et al.*, 2000).

En los pastizales, donde por lo general hay un alto grado de heterogeneidad en cuanto a la calidad del forraje disponible y a las condiciones ambientales, las oportunidades para un pastoreo selectivo se maximizan, y por lo tanto, se dificulta la caracterización de la dieta de los animales en pastoreo. Por el contrario, en el caso de las praderas irrigadas, con mayor homogeneidad en cuanto a especies vegetales, las oportunidades para un pastoreo selectivo se reducen. Un dato importante es que, a medida que la intensidad de pastoreo aumenta, tiende a disminuir la selectividad y aumenta el consumo de forraje de baja calidad (Fierro *et al.*, 1990).

La precipitación influye sobre la cantidad y especies de forraje disponibles y, consecuentemente, tiene influencia sobre la dieta de los animales en pastoreo; sin embargo, parece ser que los animales, dentro de ciertas condiciones, tiene la habilidad de seleccionar una dieta con el mismo valor nutricional, aún dentro de una gran variedad de plantas disponibles (Chávez *et al.*, 1983).

Asimismo, los sentidos tienen influencia sobre la selectividad y la presencia por algunas plantas forrajeras es determinada a través de la percepción. Entre especies de

plantas unas pueden ser aceptables debido a su sabor, otras por su olor y otras por su textura. El sentido de la vista es también importante en la selectividad durante el pastoreo. En general, la selectividad de plantas dentro de un sitio de pastoreo, es determinada por reacciones conjuntas de olor, sabor, tacto y visión (Holecheck *et al.*, 2003).

MÉTODOS DE MUESTREO DE LA DIETA

Uno de los mayores problemas en la nutrición en agostaderos, es hacer una evaluación precisa de la composición química y botánica de la dieta de los animales en pastoreo.

MÉTODO DE SIMULACIÓN POR CORTES HECHOS A MANO

En este método para muestrear la dieta de los animales bajo pastoreo; se sigue al animal y se corta material comparable físicamente al que fue seleccionado por otro animal. Los animales son observados, cuando pastorean libremente el material representativo del forraje que es consumido de cada especie. Es colectado cada día, por cortes hechos a mano. La cantidad es cuantificada llevando un registro de los bocados de cada especie consumida. El bocado es una unidad de medida, sobre la cual se puede estimar la cantidad consumida y la calidad de la dieta. Sin embargo, en situaciones de vegetación arbustiva es muy difícil simular el pastoreo (Van Dyne, 1980).

Para conocer la selectividad de la dieta que consumen los animales, requiere de algún tipo de muestreo que refleje la selectividad. Diversas técnicas han sido empleadas; un método es seguir el animal en pastoreo y cortar material comparable físicamente al seleccionado por el animal. En una situación de ramoneo (plantas arbustivas y arbóreas), el corte del crecimiento anual reciente es una forma arbitraria de muestreo selectivo, el cual no puede reflejar los efectos de la presión del pastoreo. A medida que la presión del pastoreo aumenta, tiende a disminuir la selectividad y a incrementarse el consumo de plantas maduras de baja calidad (Heady y Child, 1994).

El método depende grandemente de que las observaciones se lleven a cabo por un técnico bien entrenado. El observador, debe ser capaz de identificar especies de plantas en todos los estados de crecimiento a distancias mínimas de 3 metros. En general, los métodos que utilizan cortes, tienen las ventajas de que requieren de poco equipo y tiempo para obtener la muestra. Además, proporcionan una muestra libre de contaminación salival, a diferencia de los métodos utilizando animales fistulados (Wilson, 1969).

Sin embargo, existen numerosos estudios que muestran que los animales en pastoreo seleccionan forrajes de mayor calidad (valor nutritivo) del que está disponible. Generalmente, la composición nutricional de su dieta es más alta que los valores reportados usualmente para muestras de forrajes cortadas a mano. Esto es debido a la habilidad que tienen los animales para seleccionar, lo cual hace que la composición química de muestras

de forraje cortadas a mano, sea un índice no confiable de la composición química del forraje seleccionado por los animales (Heady y Child, 1994).

Chávez *et al.* (2000) realizaron un experimento donde evaluaron las intensidades de pastoreo (carga alta y moderada) y los esquemas de utilización (pastoreo continuo y rotacional), sobre la selección de la dieta del ganado en un pastizal mediano abierto. Las cargas animales mostraron mayor influencia en la selección de la dieta. Por lo tanto, se recomienda usar el sistema de pastoreo rotacional con carga moderada, en áreas con dominancia de gramíneas y el pastoreo rotacional con cargas altas, cuando las hierbas y arbustos son los principales componentes de la vegetación.

Otros estudios muestran, que intensidades de apacentamiento de ligeras a conservadoras con un 25-35% de uso de las especies forrajeras clave, pueden promover el mejoramiento de la condición ecológica del Desierto Chihuahuense, aun cuando se presenten sequías. El herbívoro puede adaptarse en un hábitat desigual en relación con el consumo de energía. También, se observó que los patrones de selección de la dieta fueron considerados en relación a la maximización del consumo de energía (Holechek, 2003).

Walker (1995), menciona que el impacto del pastoreo del ganado, defolia de manera indiscriminada y selectiva, sin que diseñemos sistemas para optimizar el pastoreo del ganado. Concluye que en la actualidad y en un futuro, debemos de diseñar sistemas de utilización del pastizal que no dañe el recurso, incrementar lo relativo al cuidado ambiental, tener una mayor demanda de valores en cuidado de los pastizales, incremento geométrico del uso de la biología molecular en para resolver problemas de manejo. Existen diferencias significativas en cuanto a la composición botánica de la dieta en ganado bovino hembra y macho, ya que fue diferente en cuanto a la época del año. Encontrando índices de similaridad de dieta de 70 % en otoño y 90% en verano. Estas diferencias, son atribuidas en base a la variación fisiológica animal.

Con base a los resultados obtenidos de su investigación, Holechek *et al.* (2003) sugieren que intensidades de apacentamiento de ligeras a conservadoras con un 25-35% de uso de especies forrajeras clave, pueden promover el mejoramiento de la condición ecológica del desierto chihuahuense, aun y cuando se presenten sequías. Asimismo, Hirschfield *et al.* (1996) sugieren que el pastoreo del ganado bajo un sistema de manejo rotacional, puede representar una oportunidad para consumir más forraje de alta calidad.

El género *Bouteloua* tiene más de 22 especies de alta a media producción de forraje y calidad, distribuidas por toda la región árida y semi-árida de México, desde la más seca a la más húmeda, desde los suelos superficiales a los más profundos y desde los valles a las pendientes. La mayoría de las especies de *Bouteloua* son apetecidas por el ganado y pueden representar, hasta un 80-95 por ciento de la dieta del ganado en pastoreo, suponiendo que no existe restricción en la disponibilidad de forraje. Sin embargo, esta preferencia puede llevar a un uso excesivo de estas especies, pues se ha reportado que existe una remoción de 80 a 92 por ciento de la biomasa aérea. Si el pastoreo no es

controlado como para prevenir este alto nivel de uso, el subsecuente rendimiento de forraje declina abruptamente.

Entre las especies de *Bouteloua* descritas como buenas forrajeras, se encuentran: *B. curtipendula* (Michx.) Torr, *B. chondrosioides* (Kunth) Benth. ex S. Watson, *B. dactyloides* (Nutt.) Columbus, *B. eriopoda* (Torr.) Torr, *B. gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths y *B. hirsuta* Lag. , *Bouteloua gracilis* tiende a mostrar rendimiento en forraje más bajo pero de mejor calidad que *B. curtipendula*; sin embargo, hay un estudio reciente en el cual con baja humedad disponible en el suelo, *B. gracilis* mostró un mejor desempeño en rendimiento que *B. curtipendula*.

La composición química de su dieta, está directamente relacionada con la composición química de las especies de plantas del pastizal, aun cuando los animales sean selectivos. La composición química de las plantas forrajeras del pastizal, indica su valor nutritivo y es, por lo tanto, básica para el desarrollo de programas de nutrición en agostaderos. También, la gustocidad, disponibilidad, digestibilidad y manejo, tienen influencia sobre la utilidad de las plantas de los pastizales, pero las variaciones en la composición química, pueden indicar diferentes grados de gustocidad y de digestibilidad. Por lo tanto, la composición química de las plantas forrajeras de los pastizales, cuando está asociada con evaluaciones de digestibilidad y de consumo, puede ser esencial para la evaluación del valor nutritivo del forraje de los pastizales (Van Soest, 1982).

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DE LA DIETA Y CONSUMO

El conocimiento del valor nutritivo de los alimentos, es fundamental para la nutrición animal, no siendo suficiente con los análisis químicos, hay que considerar los efectos de los procesos de digestión, absorción y metabolismo animal. Las pruebas de digestibilidad, permiten estimar la proporción de nutrientes presentes en una ración que pueden ser absorbidos por el aparato digestivo, quedando disponibles para el animal.

La digestibilidad de un alimento, denota el porcentaje de un nutriente, en particular del alimento que puede absorberse para ser puesto a disposición del organismo animal, a través de procesos metabólicos (Church y Pond, 2004).

Igualmente, la digestibilidad depende mayormente de la composición nutritiva de la ración en estudio, siendo a su vez afectada por el hecho de que las heces contienen cantidades importantes de materiales de origen no dietético (Merchen, 1993).

Las heces, constituyen una importante vía de excreción de compuestos nitrogenados, grasos, minerales y glúcidos no fibrosos de origen endógeno, encontrándose reportes que indican que no hay secreción de carbohidratos a nivel intestinal (Bondi, 1988).

Un elemento clave dentro de los sistemas de producción con rumiantes es la nutrición, ya que el potencial productivo de un animal sólo puede expresarse en la medida que sus necesidades de mantenimiento estén cubiertas y quede un excedente disponible

para ser transformado en producto (NRC, 2002). Por consiguiente, el mejor indicador de la calidad de un alimento dado es el desarrollo animal, su implementación como rutina tiene problemas considerados insalvables: los experimentos utilizando animales pueden ser costosos e implican mucho tiempo (AOAC, 1995).

COMPONENTES QUÍMICOS

MATERIA SECA

Si bien no es considerado un análisis químico *per se*, una correcta determinación del contenido de materia seca de un alimento dado es fundamental, ya que un error en este paso, se transfiere al resto de los componentes químicos, los cuales debieran ser expresados sobre base materia seca para permitir comparaciones con otros alimentos. En el caso de forrajes frescos o henos, las opciones para una correcta determinación del contenido de materia seca son variadas, e incluyen el secado en horno a 65 ° C por 48 horas, a 100 ° C por 24 horas, o a 135 ° C por 3 horas. Para el caso de los forrajes ensilados, se debería efectuar una corrección por los componentes volátiles producidos durante el ensilaje. En estos casos, se utiliza la destilación con tolueno, método que, sin embargo, no es muy recomendable debido a su peligrosidad. Una alternativa la constituyen los métodos para corregir la materia seca obtenida en horno a partir de analizar la muestra para productos de fermentación (ácidos grasos volátiles, especialmente) (Willard, *et al.*, 1991).

FIBRA

Los sistemas tradicionales para determinar el contenido de fibra en alimentos animales, han sido el análisis proximal (método Weende) y el método de los detergentes de Van Soest (Van Soest *et al.*, 1991). Este último, tiene ventajas sobre el primero porque separa a los carbohidratos de acuerdo a su disponibilidad nutricional y hasta puede servir, como un indicador de la digestibilidad (Van Soest, 1982). La fibra cruda (FC) está directamente relacionada con la calidad de las plantas forrajeras.

El contenido de FC varía con el estado de madurez de los forrajes, causando una amplia variación en el valor nutritivo de los forrajes como alimento para los animales en pastoreo.

A medida que el contenido de FC de los forrajes aumenta, el contenido de los componentes más digestibles disminuye. La determinación de FC fue desarrollada para representar la porción fibrosa menos digestible de los alimentos, la FC no representa una medida precisa del total del material fibroso de los alimentos (Van Soest y Sniffen, 1982).

Existen otros métodos químicos que utilizan detergentes, los cuales separan de manera más precisa las diferentes fracciones del forraje, de acuerdo con su digestibilidad, que los métodos utilizados en el pasado. Van Soest (1982) dividió los componentes químicos

de los alimentos en dos grandes fracciones, en base a su solubilidad en soluciones de detergentes: constituyentes de las paredes celulares o material fibroso y contenido celular o material celular soluble. La fracción fibrosa (pared celular) (PC) del forraje contiene los carbohidratos y compuestos relacionados resistentes a la digestión, incluyendo: celulosa, hemicelulosa, lignina, nitrohemicelulosa, lignocelulosa, sílica. El contenido celular (CC) está compuesto de elementos altamente digestibles (98% de digestibilidad promedio): azúcares simples, almidón, pectina, nitrógeno no proteico (NNP), proteínas, lípidos, minerales y vitaminas solubles en agua.

La fracción fibrosa del forraje ha sido propuesta originalmente para representar una medida de la parte indigestible del forraje, sin embargo, una gran parte de esta fracción puede ser digerida por los rumiantes. A pesar de lo anterior, el concepto original es válido, debido a la correlación que existe entre la fracción fibra y la digestibilidad del forraje. La celulosa y hemicelulosa no son atacadas por enzimas digestivas secretadas por los animales, pero son atacadas por los microorganismos del rumen y digeridas en al menos un 50% y posiblemente en un 80%. Sin embargo, la lignina, no es digerida en ninguna proporción significativa. La fibra ácido detergente (FAD) representa básicamente la suma de la celulosa y de la lignina del forraje. La FAD no es un indicador preciso del valor nutritivo de los forrajes, ya que contiene tanto celulosa, que es digestible, como lignina que no tiene valor nutritivo (Van Soest *et al.*, 1991).

En los forrajes el contenido de lignina es principal indicador del valor nutritivo y en especial del grado de digestibilidad, ya que la lignina no solo es indigestible por sí misma, sino que, además, representa una barrera física que aísla las sustancias susceptibles de la digestión (contenido celular) del ataque de los microorganismos y de la digestión enzimática. Además, la lignina, al combinarse con la celulosa, actúa físicamente para reducir la digestibilidad, así como la de otros carbohidratos complejos (Van Soest, 1982). El contenido de lignina aumenta gradualmente en la mayoría de las plantas forrajeras a medida que estas maduran. Por lo anterior, se puede establecer una relación negativa entre el contenido de lignina y el valor nutritivo de los forrajes. A medida que el contenido de lignina en los forrajes aumenta, la digestibilidad invariablemente disminuye; aunque son muchos los factores que afectan la digestibilidad, la lignina es uno de los componentes más importantes de las plantas que determinan la digestibilidad.

Por otro lado, la lignina es el principal material de incrustación en plantas leñosas y fibrosas, actualmente se ha considerado a la sílica también como una sustancia importante a este respecto, encontrándose que la digestibilidad *in vitro* de la MS y el consumo voluntario disminuyen, a medida que el contenido de sílica en los forrajes aumenta (Van Soest *et al.*, 1991).

La fibra detergente neutro (FDN), es el residuo remanente después de una solubilización del alimento en detergente neutro. Está compuesta por hemicelulosa, celulosa, lignina, cenizas y proteína ligada, y por esto, ha sido comparada con el término “pared

celular”. Sin embargo, esta relación no es tal, ya que la pared celular, es una estructura biológica muy compleja, mientras que la FDN es un producto analítico con características nutricionales (Jung y Allen, 1995).

De todas las fracciones fibrosas, FDN es la que mejor se correlaciona con el consumo voluntario, siendo por esto la fracción más importante dentro de la fibra a considerar. La fibra en detergente ácido (FDA) es el residuo remanente de la solubilización del alimento en detergente ácido. Este detergente provoca la solubilización de los mismos componentes que el detergente neutro más la hemicelulosa (Van Soest *et al.*, 1991).

FIBRA EFECTIVA

La fibra efectiva, es la fracción del alimento que estimula la actividad de masticación. Esta masticación estimula la producción de saliva, la cual contiene bicarbonatos y fosfatos, encargados de neutralizar los ácidos producidos por la fermentación de la materia orgánica. El balance entre la producción de ácidos y la cantidad de saliva secretada, es importante para mantener un rumen saludable, con un valor de pH adecuado que prevenga la aparición de enfermedades metabólicas, tales como acidosis. La fracción de la materia orgánica total que es fermentada en rumen, hará variar los requerimientos de fibra efectiva (Allen, 1996).

Sin embargo, el dato del análisis químico de FDN únicamente no es adecuado para balancear dietas de vacas lecheras de alta producción, debido a que distintos tipos de fibra varían en su capacidad estimuladora de la producción de saliva, lo cual se relaciona con el tamaño de partícula del forraje, el concepto de fibra físicamente efectiva fue acuñado para relacionar las características físicas del alimento con el pH del rumen, a través de la medición del tamaño de partícula del forraje o la actividad de masticación (Lammers, 2000).

LIGNINA

La lignina es un polímero sin una estructura definida, que contiene alcoholes (hidroxifenoles) y puede contener además ácidos fenólicos y compuestos no fenólicos. La lignina es frecuentemente mencionada como limitante en la digestión de la fibra, y en ocasiones de la proteína (Van Soest, 1982).

Existen diversos métodos para estimar los contenidos de lignina de los alimentos, el más conocido es el de la digestión en ácido sulfúrico concentrado (72%).

El valor de conocer la concentración de lignina de un alimento dado reside en su relación aparente con la digestibilidad. Este método ha sido criticado por considerarse que sobreestima la concentración de lignina de los forrajes, debido a que la proteína se precipita con la lignina (Cherney, 2000). En este contexto, el efecto de la lignina sobre la digestibilidad de la fibra parece ser mayor en gramíneas que en leguminosas, si bien esto puede ser un reflejo del uso del método lignina en detergente ácido (LDA), que subestima

la concentración de lignina en gramíneas. En general, a medida que avanza el estado fenológico de un forraje, aumenta la concentración de lignina (Jung y Allen, 1996).

PROTEÍNA

Generalmente, los contenidos de nitrógeno totales de una muestra de alimento son determinados, usando alguna variante del método Kjeldhal. Alternativamente, se puede realizar una combustión total en un auto analizador (AOAC, 1990). El principio básico para estimar el contenido de proteína de una muestra a partir del contenido de N total, es que la proteína total contiene un 16% de N. Sin embargo, esto no es siempre, por lo que se sugiere la inclusión de un factor de corrección para el contenido de N en la determinación de proteína cruda (Cherney, 2000).

La proteína, los constituyentes de la fracción fibra, principalmente fibra ácido detergente (FAD) y lignina, el extracto etéreo (EE), cenizas, caroteno y algunos elementos minerales, particularmente calcio (Ca) y fósforo (P), son los componentes químicos más comúnmente determinados en la evaluación del valor nutritivo de las plantas forrajeras de los pastizales, indican que la energía, la proteína, el fósforo y la vitamina A fueron los nutrientes más propensos para ser deficientes en la dieta de los animales en pastoreo. Los análisis de proteína Incluyen todos los componentes nitrogenados de las plantas forrajeras y son conocidos en general, como proteína cruda (Van Soest *et al.*, 1991).

El análisis de la fracción proteica de un alimento, debería describir el grado de contribución de esa proteína a la formación de proteína microbiana y a la cantidad de proteína dietaria que escapa a la degradación ruminal (Beever y Mould, 2000). La proteína cruda es considerada como uno de los nutrientes más importantes en la dieta de los animales, puesto que una ligera deficiencia de proteína afecta los procesos fisiológicos de animal, tales como la reproducción, el crecimiento, la engorda y la lactancia. Los niveles de PC son generalmente bajos en forrajes maduros (Van Soest *et al.*, 1991).

El bajo contenido de PC en los forrajes maduros, es importante desde el punto de vista fisiológico, porque representa un factor limitante en la utilización eficiente del forraje, puesto que un abastecimiento deficiente de nitrógeno (N) para los microorganismo del rumen, disminuye el grado en que el forraje es digerido y, consecuentemente, reduce el consumo de materia seca y de energía digestible con dietas adecuadas en proteína generalmente se tiene un aumento en microorganismos del rumen, en comparación con dietas bajas en proteína, el nivel crítico en el cual la PC de la dieta limita el consumo de MS varía entre el 6 y el 10% (Fierro *et al.*, 1990).

La determinación del contenido de PC en los forrajes consumidos por los animales en pastoreo, puede representar un indicador digno de confianza del valor nutritivo de los forrajes (Gutiérrez, 1982).

EXTRACTO ETÉREO (EE)

La fracción química de las plantas que contiene las grasas, puede ser una fuente de energía para los animales en pastoreo. EE en la mayoría de los forrajes, excepto en algunas especies arbustivas, es muy bajo, disminuyendo generalmente a medida que avanza el estado de madurez, el EE es bajo, su importancia como indicador de valor nutritivo, es muy poca (Church y Pond, 2004).

ENERGÍA

La energía se define como la capacidad de realizar trabajo, donde trabajo es el producto de una fuerza dada, que actúa a lo largo de una distancia determinada. En términos de nutrición, la energía química la energía química se mide en términos de calor, que se produce en la oxidación y se expresa como calorías. Definiendo caloría, como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 gramo de agua de 16.5 a 17.5 °C (Church y Pond, 2004).

El animal utiliza la energía de mantenimiento, para ganar tejidos, para la gestación, la lactación y la actividad muscular. Es la energía necesaria para mantener los procesos vitales de un organismo. La energía neta de mantenimiento, equivale a la suma de la producción de calor en ayunas. Es cualquier incremento de la energía que se requiere para mantener la temperatura del cuerpo, más el incremento de calor del alimento consumido. La importancia de esta energía radica, en que el 65 al 70% de la energía de mantenimiento necesaria para la producción de carne, se utiliza para satisfacer las necesidades de las funciones de mantenimiento. Los requerimientos de mantenimiento de animal, pueden considerarse como pertenecientes a dos tipos de funciones: De servicio (las que realizan los tejidos y órganos para beneficio de todo el organismo, tales como la circulación y respiración, el trabajo del hígado, riñón y las funciones nerviosas) y las de funcionamiento celular (transporte de iones, metabolismo de proteínas y metabolismo de lípidos) (Church et al., 2004).

CAROTENO

Es el precursor de la vitamina A, en las plantas forrajera de los pastizales disminuye durante los estados de madurez y dormancia y aumenta durante la época de crecimiento; siendo las variaciones en contenido de caroteno similares a las proteínas. Las especies arbustivas que permanecen verdes durante todo el año, sirven como suplemento del caroteno, cuando el caroteno es deficiente en las otras especies forrajeras disponibles (Van Soest, 1982).

CENIZAS

Provee una medida del total de minerales contenido en los forrajes, pero no proporciona información acerca de la cantidad de minerales específicos, que son los que requieren los animales. Las cenizas tienen muy poca utilización nutricional directa. Generalmente, El contenido de cenizas en las plantas de los pastizales es muy alto, debido a la contaminación por el suelo, pero quizás también, debido a los altos niveles de silicatos en las plantas. Los minerales aumentan en un 2 a 5%. La contaminación con material del suelo, puede aumentar en un 39 a 40% (Van Soest *et al.*, 1991).

FÓSFORO

Los niveles bajos de fósforo (P) en las plantas forrajeras de los pastizales, están ampliamente distribuidos, principalmente en las zonas áridas y semiáridas y se encuentran generalmente asociados, con suelos deficientes en este elemento. El P disminuye marcadamente con la madurez, presentándose a menudo deficiencias en los animales en pastoreo que permanecen durante largos periodos de tiempo consumiendo forrajes secos y maduros, es muy importante suplementar este elemento (Fierro *et al.*, 1990).

DIGESTIBILIDAD

El análisis químico, es el punto de partida para determinar el valor nutritivo de las plantas forrajeras de los pastizales, pero el valor real del forraje para los animales en pastoreo, solo puede ser obtenido después de determinar la digestibilidad del forraje, puesto que los nutrientes indigestibles no son utilizados por el organismo. La digestibilidad, es una medida de la disponibilidad para los animales de los nutrientes contenidos en el alimento consumido. La calidad de la dieta de los animales en pastoreo, nos indica la porción que puede ser realmente utilizada por el organismo, y aunque la digestibilidad por sí solo no es un indicador altamente preciso del valor nutritivo es, sin embargo, una guía muy útil y generalmente digna de confianza del valor nutritivo (Fierro *et al.*, 1990 y Gutiérrez, 1982).

FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIBILIDAD

Según Gutiérrez (1982) los factores que afectan la digestibilidad, son los siguientes:

1. El estado fenológico de las plantas,
2. El tipo y sitio vegetativo,
3. Las condiciones edáficas,
4. Las condiciones climáticas,

5. La selectividad animal,
6. Las especies animales y vegetales,
7. Los componentes químicos, por ejemplo, fibra y nitrógeno, etc.

La digestibilidad *in vitro* estuvo más altamente correlacionada con la producción de bovinos en pastoreo que la PC, la FAD, o la lignina. La técnica de espectroscopia de rayos infrarrojos, ha ganado considerable atención como un método rápido y exacto para determinar la composición química y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de los forrajes. El contenido de PC, FAD, lignina y la DIVMS de muestras de forrajes colectadas a través de animales fistulados esofágicamente en pastizales nativos, han sido determinados por medio de esta técnica con un alto grado precisión, no encontrándose diferencias con los análisis convencionales de laboratorio. La técnica de rayos infrarrojos promete ser de utilidad en la estimación rápida y precisa del valor nutritivo de los forrajes del pastizal (Church y Pond, 2004).

El consumo voluntario es uno de los factores más importantes utilizados para determinar el valor nutritivo de los forrajes, esto deberá ser estimado junto con la composición química y la digestibilidad de los forrajes, con el fin de determinar el consumo de nutrientes de los animales en pastoreo, así como el grado en el cual estos nutrientes llenan los requerimientos para el mantenimiento y producción de los animales (Van Soest *et al.*, 1991).

FACTORES QUE AFECTAN EL VALOR NUTRITIVO DEL FORRAJE

Minson (1990) y (Church y Pond, 2004) mencionan que los factores que afectan el valor nutritivo del forraje son los siguientes:

1. El estado de madurez o estado fenológico de las plantas,
2. Las condiciones edáficas,
3. Las condiciones climáticas,
4. Las especies de plantas,
5. La condición del pastizal,
6. La suplementación alimenticia,
7. El grado de humedad,
8. La especie animal, edad, estado fisiológico y sexo.

ESTADO FENOLÓGICO

Es estado fenológico, es el factor más importante que afecta el valor nutritivo de las plantas forrajeras. El estudio a través del año de la variación en el contenido de nutrientes

de las especies forrajeras, constituye la parte principal de la dieta de los rumiantes en pastoreo en las zonas áridas y semiáridas del norte de México, también representa la base para determinar las necesidades de la suplementación alimenticia en las épocas críticas (Gutiérrez, 1982).

Los componentes químicos de las plantas, disminuyen a medida que la madurez avanza, lo cual es debido en gran parte a los cambios en la relación tallo/hoja y a la madurez normal de las plantas, la cual causa una traslocación de los constituyentes químicos dentro de las diferentes partes de la planta. El valor nutritivo de las especies forrajeras, cambia a medida que la época de crecimiento avanza. La disminución en valor nutritivo del forraje, inicia generalmente antes de la emergencia del tallo, cuando solo están expuestas las hojas y se extiende hasta que los zacates están maduros y secos (Chávez *et al*, 1986).

Los pastizales nativos aumentan en FC y disminuyen en el contenido de PC, P y en caroteno, a medida que avanza la madurez: los zacates pierden en promedio un 71% de su proteína, 87% del caroteno y 66% de P. La PC, el P, el caroteno y la DIVMS fueron muy altos, al iniciarse la época de crecimiento y disminuyeron a medida que los zacates alcanzaron la madurez; en cambio, la fracción FAD aumentó con el avance de la madurez. Tendencias estacionales similares, han sido observadas en arbustos y hierbas, con la diferencia de que las hierbas retienen comparativamente menos proteína y fósforo que los arbustos (Chávez *et al*, 2000).

La digestibilidad de las plantas forrajeras de los pastizales disminuye a medida que las plantas maduran, se ha reportado que la digestibilidad *in vitro* promedio de la celulosa en zacates disminuye del 71% al inicio del crecimiento hasta cuando alcanzan la madurez. Lo anterior, es una consecuencia de la disminución en el contenido de elementos nutricionales digestible, tales como proteína, EE, carbohidratos digestibles, etc., y un aumento en elementos indigestibles o poco digestibles, tales como FC, lignina, celulosa, hemicelulosa, sílica y otros (Church y Pond, 2004).

A medida que el porcentaje de FC aumenta, la digestibilidad generalmente disminuye, debido a que la FC es resistente a la digestión, ya que con frecuencia envuelve los nutrientes digestibles reduciendo su disponibilidad. FC 27 al 38%, del 48 al 62%, lo anterior muestra una amplia variación en la calidad de los pastizales como alimentos para el ganado. Generalmente, los niveles altos de proteína, están asociados con valores bajos de fibra, y niveles bajos de proteína con valores altos de fibra en la mayoría de las especies de plantas (Shimada, 2003).

El aumento en el contenido de lignina con el avance de la madurez y la dormancia, no solo contiene más lignina, sino que son menos digestibles o menos disponibles para los animales en pastoreo. En Montana, EEUU, la lignina aumentó del 5% al inicio del crecimiento al 18% en estado de madurez, en Chihuahua la lignina aumentó de 5.3 al 10.9% (Chávez *et al*, 2000).

Generalmente, el contenido de P sigue una tendencia paralela a la de PC, el caroteno y la digestibilidad, o sea que el contenido de P es muy alto al iniciarse el crecimiento y

se reduce drásticamente, a medida que las plantas maduran. En contraste, el Ca, por lo general, aumenta o permanece relativamente constante con el avance de la madurez, que el contenido de Ca aumente con la madurez, ha sido explicado sobre las bases de un aumento en la cantidad de material de las paredes celulares, el cual es rico en este elemento. La tendencia general en el contenido de cenizas de las especies forrajeras de los pastizales, es la de disminuir a medida que las plantas alcanzan la madurez. El contenido de ELN y de EE generalmente disminuye con el avance de la madurez de los forrajes. El proceso de madurez de las plantas forrajeras en los pastizales, está estrechamente relacionado con la disminución en el consumo de forraje por los animales en pastoreo (Van Soest, 1982).

La disminución en el valor nutritivo de los forrajes con el avance de la madurez, está generalmente asociada con una disminución en la digestibilidad, así como con un aumento en los constituyentes de la fracción fibra de los forrajes. Esto nos indica la utilidad de la composición química y de la digestibilidad de los forrajes, como base para tomar decisiones concernientes a la nutrición de los animales en pastoreo (Chávez *et al.*, 2000).

CONDICIONES EDÁFICAS

Las propiedades físicas de suelo como la textura y la porosidad, afectan más o menos indirectamente la calidad nutritiva de los forrajes; suelos con aereación deficiente, limitan mucho o disminuyen la absorción de elementos esenciales, especialmente el fósforo. Por otra parte, los suelos ricos en mantillo orgánico presentan un aumento en la aereación y en la fertilidad (Minson, 1990).

El pH, los minerales disponibles y la fertilidad, hasta cierto grado, controlan la absorción de minerales por las plantas. Sin embargo, la disponibilidad de algunos minerales (N, P, K, S, Ca y Mg) se reduce progresivamente a medida que el pH del suelo baja de 5.8. El Fósforo es más aprovechable entre un pH 6 y un pH 7. También, la humedad del suelo y el sitio de vegetación, afectan la composición química de las plantas más que el contenido químico del suelo. El bajo contenido de N en los suelos, causa una tensión considerable, provocando una disminución significativa en el contenido de proteína de las plantas. La composición mineral de una especie vegetal está determinada primariamente por el suelo, así lo demuestran las respuestas de las plantas a los fertilizantes (Holechek *et al.*, 2003).

CONDICIONES CLIMÁTICAS

Oelberg (1956) sugiere que los factores climáticos tales como temperatura, precipitación, intensidad de la luz y altitud, pueden ser importantes en la determinación del valor nutritivo de las plantas. Los factores climáticos afectan la fotosíntesis, la respiración, la asimilación y el metabolismo, a tal grado, que la composición química de las plantas

puede ser modificada grandemente por estos factores, aunque crezcan en el mismo tipo de suelo. La temperatura ha sido reportada como el factor más importante que controla la fenología de las plantas. En condiciones de bajas temperaturas, las plantas tienden a la transformación del almidón en azúcares simples, los cuales serán utilizados por el metabolismo de la planta.

Un aumento en la lignificación de las paredes celulares en las plantas forrajeras es aparentemente un efecto de las altas temperaturas ambientales. Las temperaturas altas promueven una actividad metabólica más rápida, la cual causa una disminución de metabolitos en el contenido celular, y los productos fotosintéticos son convertidos más rápidamente en componentes estructurales. Esto tiene el efecto de disminuir el contenido de nitratos, de proteínas y de carbohidratos solubles y el de aumentar los componentes fibrosos de las plantas. Así mismo, las actividades enzimáticas asociadas con la biosíntesis de la lignina son también estimuladas con el aumento de la temperatura (Fierro *et al.*, 1990).

Las altas temperaturas y la radiación solar durante la primavera y el invierno favorecen la destrucción de los pigmentos carotenoides. Asimismo, se han encontrado que bajo condiciones de sequía, el forraje es generalmente deficiente en caroteno. Durante la madurez de las plantas forrajeras de los pastizales (invierno), causando una disminución de los nutrientes más valiosos de las plantas, especialmente fósforo y proteína, dejando altos porcentajes de lignina y celulosa y trayendo como consecuencia que el forraje sea menos digestible. La precipitación arriba de lo normal afecta grandemente los nutrientes de las plantas (Chávez *et al.*, 2000).

La altitud afecta la composición química de las plantas a través de la interacción de factores tales como la intensidad de la luz, la concentración de dióxido de carbono y la precipitación. El contenido de nitrógeno de plantas que crecen en áreas de gran altitud es mayor que el de plantas que crecen en áreas de poca altura y el valor nutritivo de las plantas forrajeras generalmente se incrementa a medida que aumenta la latitud (Shimada, 2003).

ESPECIES DE PLANTAS

Arbustos, hierbas y zacates; las especies de plantas varían grandemente en palatabilidad, digestibilidad y en valor nutritivo. En general los arbustos contienen más proteína y menos energía que los zacates, mientras que las hierbas muestran una variación tanto estacional como anual, haciéndolas muy impredecibles en cuanto disponibilidad y valor nutritivo. Las especies arbustivas tienen relativamente un menor valor energético, debido a su alto contenido de lignina en comparación con su contenido de celulosa (Gutiérrez, 1982).

Durante el invierno, en áreas de pastizales, las especies, arbustivas constituyen una buena fuente de proteínas, fósforo y caroteno, especialmente cuando las hierbas y los

zacates han alcanzado la madurez y la mayor parte de sus componentes nutricionales se han perdido. Las hierbas tienden a tener un contenido mayor de proteína, fósforo y calcio y menor contenido de fibra que los zacates durante el periodo de crecimiento; sin embargo, la mayoría de las hierbas mueren inmediatamente después de la madurez (Fierro *et al.*, 1990).

La composición química de los arbustos, hierbas y zacates sufre cambios importantes durante su desarrollo. Aunque el contenido de calcio permanece en general relativamente constante, la proteína y el fósforo disminuyen con la madurez de las plantas y, por otra parte, el contenido de fibra y de lignina aumenta (Gutiérrez, 1982).

Los cambios estacionales causan variaciones en el valor nutritivo de las hierbas de una manera más rápida que en los arbustos y que en la mayoría de las especies de zacates, debido a que los tejidos suculentos de las hierbas son más sensibles a la desecación causada por la exposición a las altas temperaturas y largos fotoperiodos, durante la primavera y el verano. En general, las hojas de los zacates y de las hierbas alcanzan la madurez más pronto que las de los arbustos. Los cambios estacionales afectan a los zacates más o menos en la misma forma que las hierbas, excepto en ciertas especies de zacates perennes que retienen sus nutrientes aun después de que alcanzan la madurez (Herrera-Saldaña, 1990) y (Chávez *et al.*, 2000).

CONDICIÓN DE PASTIZAL

Generalmente, se asume que la condición del pastizal está en relación directa con el contenido de nutrientes y la producción forrajera de las plantas de los pastizales; por ejemplo, un pastizal en condición pobre contiene un alto porcentaje de plantas que tienen un valor nutritivo bajo y una buena producción forrajera. La condición del pastizal está afectada básicamente por la interacción de la intensidad del pastoreo, época de utilización, especies de animales en pastoreo e influencias climáticas y edáficas (Heitschmidt y Stuth, 1991).

La intensidad del pastoreo influye sobre el valor nutritivo final del forraje, ya que los animales en pastoreo consumen generalmente primero las hojas y los tallos más tiernos, rechazando las partes de la planta más fibrosas, reduciendo de esta manera el área fotosintética de la planta y causando disturbios en el balance de la raíz y las hojas. Tanto el subpastoreo como el sobrepastoreo pueden influir sobre la composición química y la digestibilidad de los forrajes. Con el subpastoreo, las plantas se maduran y bajan en digestibilidad; resultado: una reducción en el consumo de materia seca por los animales en pastoreo. El sobrepastoreo tiende a eliminar o a debilitar muchas de las mejores especies forrajeras, al privarlas de la oportunidad de crecer y almacenar nutrientes de reserva en sus raíces (Fierro *et al.*, 1990).

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LOS FORRAJES

Coleman *et al.* (1999) señalan que la importancia de la evaluación nutritiva de los alimentos, ha sido reconocida desde que el sistema Weende fue desarrollado en la Universidad de Goettingen en Alemania, antes de 1860. De este modo, se inició al trabajo con digestibilidad y el porcentaje de carbohidratos, grasas y proteínas, fue utilizado para estimar la capacidad de los alimentos en el aporte de energía; también, surgieron tablas sobre composición de alimentos con valores promedio de la composición química y frecuentemente, de la digestibilidad de los nutrimentos.

El conocimiento del potencial nutritivo de los alimentos, y especialmente de los forrajes, es importante para la formulación y balanceo de raciones; sin embargo, se requiere entender los mecanismos que determinan las diferencias entre animales, alimentos y sus interacciones, para así incrementar la eficiencia de la producción animal (Shimada, 2003). Los alimentos y/o forrajes están constituidos por varias fracciones, las cuales pueden clasificarse en lípidos, azúcares, ácidos orgánicos, nitrógeno no proteico (NNP), proteína soluble, fibra ligada a proteínas, pectinas, hemicelulosa, celulosa y lignina. La cantidad de cada una de estas fracciones depende de la especie, estado de crecimiento y de la influencia ambiental (Karges, 1990).

Los compuestos nitrogenados presentes en los forrajes y en los alimentos, pueden ser fraccionados de la siguiente manera: 1) Compuestos solubles, principalmente aminoácidos libres, nitratos, amidas, aminas y ácidos nucleicos, 2) Compuestos insolubles pero degradables en el rumen, principalmente nitrógeno proteico, 3) Compuestos no degradables en el rumen, pero digestibles en el intestino y 4) Compuestos nitrogenados indigestibles, compuestos ligados a la lignina. La proporción de cada una de estas fracciones varía dependiendo de las características intrínsecas de cada una de las fuentes nitrogenadas (Herrera- Saldaña, 1990).

Por otro lado, (Van Soest *et al.*, 1991) señalan que la proteína cruda de los forrajes se divide en dos categorías principales: Proteína verdadera y NNP; la proteína verdadera de los forrajes constituye del 60 al 80% del nitrógeno total, el resto está conformado por el NNP soluble y por pequeñas cantidades de nitrógeno lignificado. Un problema asociado con la determinación del potencial nutritivo, es la falta de uniformidad entre las unidades que describen los constituyentes de un alimento y las unidades que expresan los requerimientos del animal.

UTILIZACIÓN DE LA PROTEÍNA POR LOS RUMIANTES

La nutrición de rumiantes comprende la nutrición de dos ecosistemas secuenciales. El primer ecosistema es el microbiano-ruminal, cuyas demandas y propiedades nutricionales son para sí mismo y sus productos finales constituyen la fuente primaria de nutrimentos, para el segundo ecosistema el de los tejidos del rumiante (Ellis *et al.*, 2013). Los pastos

contienen compuestos nitrogenados de origen proteico y no proteico, que pueden variar dependiendo de la madurez de la planta (Church y Fontenot, 1979; Jarrique *et al.*, 1995). En el caso de los pastos de pobre calidad (mucha fibra y poca proteína), el contenido total de este nitrógeno (N) no siempre resulta completamente utilizable a nivel digestivo, ya que parte de este N se encuentra incrustado en la pared celular indigestible (Van Soest, 1982), lo que puede reducir el aprovechamiento del nitrógeno ingerido.

La disponibilidad de energía y nitrógeno constituyen importantes limitantes para los procesos digestivos del rumiante. Cuando la disponibilidad del N soluble, requerido por las bacterias del rumen, está comprometida y pudiera no estar presente en concentraciones adecuadas en los forrajes, se pueden utilizar fuentes de nitrógeno no proteico. Estas fuentes, cuando son asociadas en la dieta como suplemento pueden incrementar la digestibilidad del forraje y por ende el consumo (Preston y Leng, 1990).

En los rumiantes, los requerimientos proteicos son aportados por la proteína microbiana y la dietaria que escapa de la degradación ruminal. Si el requerimiento microbiano por N no es satisfecho y no hay crecimiento microbiano, se reduce la producción de proteína en el rumen. Cuando esta deficiencia es corregida, el consumo se incrementa debido a una mayor tasa de fermentación y generación de proteína microbiana en el rumen (Orskov, 1976).

La productividad del rumiante en pastoreo va a depender básicamente del consumo y digestibilidad de los forrajes. Los forrajes de pobre calidad representan mucho volumen para el rumen y poca respuesta productiva (Obispo, 2005).

Murillo *et al.* (2004) evaluaron el valor nutricional de la dieta consumida por el ganado bovino en un pastizal mediano arbofruticosa durante tres estaciones del año, encontrando que el contenido de proteína cruda resultó superior ($P<0.05$) en primavera (10.3%) con el más bajo contenido en invierno (6.7%). Las concentraciones de fibra detergente neutro en otoño (76%) e invierno (74%) no fueron diferentes entre sí; sin embargo, en primavera (62.5%) este parámetro resultó inferior ($P<0.05$). Igualmente, el contenido de fibra detergente ácido en primavera (36.5%) fue inferior ($P<0.05$) al observado en otoño (51.0%) e invierno (48.6%). La concentración más baja de celulosa se observó en primavera (31.2%) y fue diferente ($P<0.05$) a las concentraciones de celulosa de otoño e invierno (43.3% y 42.9%). El contenido de lignina observado en primavera (4.2%) fue diferente ($P<0.05$) al de otoño (7.6%) y al invierno (5.7%).

Echavarría *et al.* 2006 en un estudio con la finalidad de conocer la influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido zacatecano, encontraron que los porcentajes de proteína cruda (PC) fueron diferentes entre épocas en ambos sistemas ($P<0.05$) y entre especies animales ($P<0.01$), pero no así en sistemas de pastoreo; con ovinos, en verano y en el sistema rotacional, se encontraron niveles altos (10.60), y valores menores durante el invierno (6.17). En el pastoreo continuo, la tendencia mostrada fue la misma que en el sistema rotacional, con valores altos durante el verano (10.79) y bajos durante el invierno (6.84).

Como regla general, los pastizales de zonas árida y semiárida deberán contener al menos 7.5% de proteína cruda para asegurar una buena fermentación ruminal por los microorganismos el rumen (Shimada, 2003). En condiciones de libre pastoreo, tanto la vegetación como el ganado, son integrantes de una unidad ecológica, donde los animales viven dentro de un espacio determinado y las plantas crecen en función de las condiciones climáticas y edáficas; las cuales ocasionan que la calidad, cantidad y diversidad de especies forrajeras fluctúen considerablemente (Karn, 2000). Según Alden y Whittaker (1970) reportan consumo máximo de zacates de 4.8 gr. /min. a 18 gr./min en ganado de carne.

Los estudios de valor nutricional de la dieta consumida por el ganado bovino en libre pastoreo, han contribuido considerablemente a mejorar la productividad del ganado en estas condiciones de manejo, al proporcionar una valiosa información sobre la compatibilidad existente entre el ganado y su hábitat y como consecuencia se pueden detectar las deficiencias o excedentes del recurso pastizal en relación a los requerimientos nutricionales de los animales en pastoreo (Gutiérrez, 2004).

Herrera *et al.* (1993) y Boval *et al.* (2007) estimaron el consumo voluntario de forraje por caprinos en pastoreo por el método de conteo de peso de bocados. Utilizaron dos cabras seleccionadas al azar, observándose durante el día y contabilizando el número de bocados y el peso de los mismos, el peso de bocados y el peso de los mismos, el peso del bocado se estimó del peso de la muestra colectada, se realizaron mediciones individuales de las plantas que eran consumidas. El consumo voluntario de forraje estimado, fluctuó significativamente entre meses dentro de un rango de 245 a 1592 gr. En los meses de enero, mayo, junio y julio los valores estimados fueron muy bajos. Algunos grupos de vegetales sobresalen ampliamente por su contribución en la dieta (arbustivas, hierbas, zacates y cactáceas).

Grings *et al.* (1995) estiman la diferencia en la calidad de la dieta en becerros durante 2 años, encontrando que no existen diferencias significativas en las diferentes épocas en cuanto a su aporte nutricional (proteína y energía). Los becerros seleccionaron dietas altas en calidad durante el periodo de muestreo. La calidad del forraje fue debido a un comportamiento más selectivo de los animales. Las disminuciones en el consumo permitieron más tiempo para la selección del forraje o pastoreo exploratorio, viéndose reflejado en una mayor calidad de las dietas.

Kloppenburg *et al.* (1995) encontraron que los pastos de invierno fueron bajos en calidad nutricional en relación a la proteína y cantidad de fibra y la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) fue de 52 vs. 85 % en relación con los sitios de estación de verano. Durante primavera fueron aún bajos en proteína y altos en fibra, aunque la DIVMO fue de alrededor de 75% para los dos tipos de pastizal. Para los pastizales de estación caliente no hubo diferencias significativas, siendo alta la calidad de la dieta y de DIVMO fue de 69 vs. 73%. Para los pastos de estación fría, fue baja la calidad y la DIVMO durante la época de otoño. No existieron diferencias en cuanto a consumo y calidad en invierno,

verano y otoño, aunque la DIVMO en primavera fue alta. Mofareh *et al.* (1997) mencionan que cualquiera de las técnicas de conteo de mordidas, fistulación esofágica y análisis fecal, para determinar la dieta de bovinos, cuentan con resultados favorables.

Villalobos *et al.* (1997) encontraron que la suplementación, no afecta el consumo de forraje y la digestibilidad del ganado, concluyen que la suplementación media produce similares efectos sobre la cinética ruminal y el consumo de los animales en pastoreo, que la suplementación alta. También, De Alba *et al.* (1998) manifiestan que no existen ventajas o diferencias significativas en cuanto al efecto raza, en relación a la composición botánica y calidad de la dieta en ganado bovino.

Pérez *et al.* (1998) en un estudio realizado en pastizales de zonas áridas, reportan que el gradiente topográfico afecta los picos de producción de biomasa, fracciones fibra, proteína y contenido mineral en las plantas del pastizal. Los resultados sugieren que la información en relación a la variación espacial y temporal de producción y calidad nutricional en pastizales áridos y semiáridos, son importantes para un correcto uso del recurso pastizal. Así mismo estudiaron el efecto del pastoreo diurno vs. nocturno en ganado bovino, no encontrando diferencias significativas en la dieta seleccionada, ni en el tiempo de pastoreo. Los niveles y tasas de consumo fueron mayores para aquellos que pastorearon durante el día.

Por otro lado, con relación al consumo de agua, fue significativamente más alto durante el día en relación a la noche. De la misma manera ocurrió con la ganancia de peso de los animales. Los cambios en el aporte nutricional de las plantas del pastizal, son el resultado directo de la disponibilidad y palatabilidad de las plantas. Determinado, además, por las condiciones climatológicas de las diferentes épocas del año (Kalmbacher *et al.*, 1984).

Para una planta dada, tanto la indigestibilidad como la digestibilidad dependen del estado de la vegetación y el ciclo de la misma. La digestibilidad de la planta disminuye con la edad de la planta. Durante el primer ciclo de vegetación, la digestibilidad se disminuye con la edad de la planta. Las relaciones entre la edad, la digestibilidad, la composición química de forraje y su indigestibilidad son lineales o ligeramente curvilíneas de acuerdo a la especie que se trate (Demarquilly *et al.*, 1981).

La digestibilidad de legumbres es aproximadamente 20% más alto que la que presenta las hierbas debido a su bajo contenido de pared celular. También para la misma edad, digestibilidad y consumo voluntario es diferente entre zacates.

Con los años la planta, su desarrollo morfológico e histológico disminuye la cantidad de contenido celular también, y aumenta la cantidad de paredes celulares (Baumont *et al.*, 1997).

Por consiguiente, el tiempo de retención de forraje en el rumen aumenta y su efecto de llenado. Además, el tejido lignificado aumenta la fracción no degradable de las paredes celulares y disminuye la tasa de degradación de la fracción degradable. El tiempo de

retención en el rumen depende principalmente de la tasa de degradación de la fracción degradable y sobre la proporción de la fracción no degradable, ya que su tasa de salida no varía extensamente entre la especie de planta (Baumont *et al.*, 1997).

Cuando un animal inicia a comer, se selecciona un sitio para alimentarse y un patrón dentro del sitio de alimentación. La selección de mordidas dentro del patrón continua tan largo como la Tasa Instantánea de Consumo. Cuando se cae debajo de ese umbral, el animal selecciona un nuevo sitio de alimentación. Esta representación permite al comportamiento sea formalizado en términos de una jerarquía de escalas donde los animales toman decisiones e integran estos sobre niveles diferentes espacio temporales, las características de la vegetación influyen en las decisiones del animal, incluyendo los patrones de mordidas, tiempo dedicado al pastoreo y como estas decisiones contribuyen al consumo diario de forraje (Laca y Ortega, 1995).

La tasa instantánea de consumo está determinada por la masa de la mordida y las relaciones funcionales entre la masa de la mordida y el tiempo requerido para tomarlo. El tiempo por mordida puede ser dividido en tiempos de prensión y tiempo de masticación. Esta representación basada en el tiempo, considera al animal en dos acciones:

1.-El tiempo requerido para prender la mordida, la cual es independiente de la masa de la mordida. 2.-El tiempo requerido para masticar el material cosechado el cual es proporcional a la masa de la mordida, el cual a su vez varía con las especies de plantas (Newman *et al.*, 1994).

La masa de la mordida es determinada por la facilidad con la cual el forraje puede ser juntado en la boca y cortado (Prache, 1997). La altura el pastizal y densidad son las principales determinantes de la masa de la mordida y de la tasa de consumo instantáneo (Burlison *et al.*, 1991). Al respecto, Prache *et al.* (1998) destacan que el pastoreo sobre una diversidad de especies, la masa de mordida también es afectada por la presencia de componentes “de barrera” en el pastizal como tallos y el material muerto.

El tamaño de mordida por el ganado en pastoreo en algunos pastizales tropicales puede limitar el consumo de forraje y de la planta, presencia de tallos bajos, y la altura y el volumen tienen una influencia sobre el tamaño de la mordida (Stobbs, 1973).

Chacón *et al.* (1976) concluyen que las diferentes fracciones de planta pueden ser consumidas en diferentes cantidades, a pesar de la digestibilidad de la materia seca, el consumo voluntario de forraje es necesario determinar las propiedades físicas y la composición química del forraje. La utilización de forraje es disminuida significativamente por el incremento de la madurez del forraje, pero principalmente debido al bajo valor nutricional, pero particularmente debido a la reducción en el contenido de hojas verdes y al incremento en el desarrollo. Si la altura del pasto no excede los 250 mm. en cualquier tiempo, se pueden esperar buenos resultados en pastoreo del ganado.

Brereton *et al.* (2005) diseñó un modelo que describe la utilización de forraje en un sistema de pasto rotacional. El modelo considera la proporción de hoja y la densidad.

Usando el tamaño de la mordida, el peso, la tasa de mordida, el tiempo de búsqueda, la estación de pastoreo y la selectividad del animal, en base a esto fue posible simular la utilización del forraje. El modelo de utilización y estructura del pasto durante el pastoreo, fue conducido como una factibilidad para ser usado en la simulación de los sistemas de pastoreo.

El consumo voluntario de materia seca de forrajes en rumiantes puede ser limitado por la distensión del tracto gastrointestinal, resultado por la restricción del flujo del contenido alimenticio a través del tracto. La capacidad de llenado de un animal depende del peso y el volumen de la digesta y la tasa de flujo que causa distensión en el tracto (Allen, 1996).

Junge y Vogel (1986) indican que la digestión de la materia seca fue inhibida en menor grado por la concentración de lignina, que la digestión de la pared celular. Resultados indican que para la digestibilidad de celulosa y hemicelulosa como funciones de la concentración de lignina muestran grandes efectos ($P < .05$) sobre la digestión de lignina y celulosa. Demostraron que la respuesta de digestibilidad de forraje al efecto inhibitorio de la lignina es curvilínea en la naturaleza sugiere que el mecanismo de la inhibición de lignina sea complejo.

Tharmaraj *et al.* (2003) concluyen que el tiempo estimado y los gastos de energía de la prensión de la mordida, son discutidos en el contexto de que las mordidas más grandes, son manejadas de una manera más eficiente que las mordidas pequeñas.

El pastoreo puede reducir el rendimiento de biomasa de forraje comparado con aquellas áreas sin pastoreo debido a que los animales pastorean más intensamente algunas especies que otras permitiendo que las últimas se hagan dominantes (Aguado, 1994).

Aguado (1994) y Villalobos *et al.* (1997) encontraron que el efecto negativo o positivo sobre el rendimiento de forraje del pastoreo comparado con sin pastoreo es explicado por la diferente composición botánica de los sitios. Mientras que del 80 al 90 por ciento de la biomasa aérea de *Bouteloua spp.* (gramínea preferida) fue removida por el ganado, las gramíneas menos preferidas como *Microchloa kunthii* tuvieron un 12 por ciento o menos de su biomasa aérea removida. La mayor defoliación de *Bouteloua spp* llevó a que su contribución a la composición botánica disminuyera desde 31 a 7 por ciento y a un abrupto incremento de la contribución promedio de los arbustos a la composición botánica desde menos de 4 hasta tanto como 34 por ciento. En sitios donde la mayoría de las especies vegetales presentes fueron pastoreadas con similar intensidad, el pastoreo promovió un rendimiento de forraje más alto que sin pastoreo

Las sequías recurrentes significan que, si el ganado remueve 60 por ciento o más de la acumulación anual de forraje, la biomasa de forraje mostrará una declinación constante con fuertes incrementos de los arbustos en la composición botánica, así como del suelo desnudo; esto, a su vez, llevará al sobrepastoreo y a la declinación de la producción animal. Las estrategias de pastoreo deberían contemplar el pastoreo controlado para mantener la remoción de forraje entre 40 y 60 por ciento de la acumulación anual de forraje (Aguado, 1994).

El ganado en pastoreo y la fauna silvestre tienen acceso a una gran diversidad de plantas forrajeras, las cuales varían en calidad nutricional. Los animales obtienen de estas plantas los nutrientes (proteína, energía, vitaminas y minerales) que requieren para su crecimiento, producción y reproducción. La calidad nutricional depende del tipo de planta, parte de la planta, edad, época de crecimiento, clima, suelo, sitio, carga animal y compuestos antinutricionales. El tipo de animales (bovinos, cabras, borregos, venado, etc.) tienen diferentes potenciales digestivos y muestran preferencias por ciertos grupos de plantas (Villalobos *et al.*, 1997).

PARTES DE LAS PLANTAS

Las células de las plantas se dividen en dos partes conocidas como contenido celular y pared celular. El contenido celular (también conocido como partes solubles) es fácilmente digestible y corresponde a la porción que se encuentra envuelta por la pared celular. El contenido celular incluye la proteína cruda (ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas y otros compuestos nitrogenados), azúcares, almidón y lípidos (grasas). En contraste, la pared celular, está formada por material menos digestible llamado fibra, el cual consta de hemicelulosa, celulosa y la porción menos digestible llamada lignina.

Estas partes se usan en reportes de análisis de forraje en fracciones conocidas como fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) (Huston *et al.*, 1991).

La hemicelulosa, celulosa y lignina forman la FND, mientras que la celulosa y la lignina constituyen la FAD. Debido a que los animales no cuentan con las enzimas o compuestos químicos necesarios para desdoblar o digerir la hemicelulosa y celulosa, dependen de la fermentación microbiana (digestión de los microorganismos del rumen) para reducir estas sustancias en compuestos que ellos puedan usar (Huston y Pinchak, 1991).

Generalmente las hojas tienen un mayor contenido celular; y por lo tanto, más proteínas, azúcares, vitaminas y minerales que los tallos. Por el contrario, las hojas tienen menos hemicelulosa, celulosa y lignina que los tallos. Los frutos e inflorescencias generalmente tienen un mayor contenido celular que las hojas. Aunque las semillas de los zacates son más altas en contenido celular que las hojas, son normalmente inferiores a las frutas e inflorescencias de las herbáceas como fuente de proteína y energía debido a su tamaño pequeño. Los animales son selectivos en cuanto a las partes de las plantas que comen. Por ejemplo, los herbívoros normalmente prefieren hojas tiernas sobre las hojas viejas y comen hojas antes que los tallos. Debido a que las diferentes partes de las plantas difieren en calidad nutritiva y a que los animales seleccionan ciertas partes de las plantas, el análisis de las plantas completas en general no es un buen indicador de la calidad de la dieta de los animales (Huston y Pinchak, 1991).

EDAD DE LAS PLANTAS

El contenido celular es más alto en el tejido de forraje en crecimiento activo y declina conforme las plantas maduran y entran al período de dormancia. El decremento en el contenido celular está asociado al incremento de la fibra (hemicelulosa, celulosa y lignina), movimiento de nutrientes de las hojas a los tallos y lixiviación por lluvia y nieve durante la dormancia. Conforme las células de las plantas maduran, aumenta la pared celular en grosor y contenido de fibra.

Este incremento en fibra disminuye la digestibilidad de la pared celular. Debido a que la fermentación en el sistema digestivo en un herbívoro depende del tiempo en que el alimento esté en el rumen y de su exposición a los microbios, esta pérdida en la digestibilidad es el resultado tanto de una mayor cantidad de fibra a fermentar, como de cambios en la naturaleza o estructura química de la fibra (Launchbaugh *et al.*, 1990).

Conforme las plantas se aproximan a la dormancia o madurez, los nutrientes son redistribuidos de las hojas (donde se procesan los alimentos por medio de la fotosíntesis) a las raíces, reduciéndose el contenido celular presente dentro de cada célula de las hojas (Mc Collum, 1993). Este movimiento incrementa el porcentaje de pared celular en las hojas, aunque la cantidad no aumente. Finalmente, esta redistribución disminuye los nutrientes disponibles para los herbívoros. Cuando las células de las plantas se congelan, se rompen, liberándose el contenido celular. Una vez que este contenido queda expuesto al medioambiente, la lluvia y la nieve disuelven estas sustancias y se lixivian (Mc Collum, 1993).

GRUPO DE PLANTAS Y ESTACIÓN DEL AÑO

Al considerar el análisis de plantas completas durante la estación de crecimiento activo de las plantas, las herbáceas presentan un mayor contenido celular, en segundo lugar, las arbustivas y por último los zacates. Durante el invierno, los arbustos siempre verdes son más altos en contenido celular y por lo tanto, parecieran más altos en calidad nutricional que los zacates y herbáceas. Sin embargo, debido a que normalmente estos arbustos tienen una alta concentración de compuestos secundarios (taninos, aceites y sustancias tóxicas), su calidad nutricional es con frecuencia más baja que la indicada por el análisis de laboratorio (Huston y Pinchak, 1991).

Asimismo, al considerar el mismo período de crecimiento, la celulosa es más alta en las hojas y tallos de zacates que en las hojas de las herbáceas y arbustivas, lo que hace a estas partes de los pastos más difíciles de digerir.

Comparadas con las plantas de crecimiento de verano, las plantas de crecimiento invernal tienen mejor digestibilidad y mayor contenido de proteína cruda. Estas diferencias están relacionadas a: 1) Condiciones de temperatura a la que las plantas están adaptadas y 2) Contenido de fibra de las plantas. Los pastos de crecimiento de verano, han desarrollado

una relativamente alta cantidad de fibra que les permite cierta resistencia al marchitamiento con temperaturas altas. Esta fibra adicional tiende a diluir el contenido celular de estas plantas y reduce su valor nutritivo (Huston y Pinchak, 1991).

SITIOS DE SUELO Y PASTIZAL

Los sitios del pastizal (conocidos actualmente como sitios ecológicos), tienen influencia sobre la calidad del forraje. La explicación de esta diferencia parece deberse a que un sitio que produce menos forraje pero de mayor calidad, tiene una mayor proporción de forraje verde. Debido a que el forraje verde está en crecimiento activo, debería contener más contenido celular y por lo tanto, mayor calidad nutritiva (Lyons et al., 1999).

COMPUESTOS ANTINUTRICIONALES

Varios compuestos químicos se producen en las plantas después de los estadios iniciales de la fotosíntesis. Estos compuestos antinutricionales, que son químicamente complejos, pueden servir como mecanismos de defensa para las plantas contra insectos y un medio ambiente adverso. La lignina, por ejemplo, aparenta: 1) proveer una estructura fuerte que permite a las plantas reducir el marchitamiento y 2) actúa como defensa para evitar ser consumidas. Muchos compuestos antinutricionales son venenosos. Sin embargo, algunos tipos de taninos, sustancia que se encuentra principalmente en herbáceas y en hojas de plantas leñosas, puede tener algunos beneficios nutricionales (Huston y Pinchak, 1991).

Aparentemente, los bajos niveles de taninos disminuyen la degradación de las proteínas por los microorganismos del rumen. Cuando esta proteína llega al estómago (abomaso) e intestino delgado, puede ser digerida por las enzimas del animal (Huston y Pinchak, 1991). Si la proteína que escapa del rumen es de alta calidad (alta en aminoácidos esenciales), es benéfica para el rumiante.

Esta proteína que escapa al rumen, es benéfica sólo si hay una cantidad adecuada de proteína soluble disponible para llenar los requerimientos de los microbios del rumen. Mucha de la proteína usada por los rumiantes procede de los microorganismos del rumen. Estos microorganismos degradan las proteínas para obtener sus propios aminoácidos y compuestos proteicos. La proteína producida por estos microorganismos puede ser de mayor o menor valor que la proteína original de la planta. Altos niveles de algunos taninos pueden hacer la proteína no disponible para los microorganismos en el rumen y crear deficiencias proteicas (Huston y Pinchak, 1991).

Estudios con fauna silvestre han demostrado que los taninos reducen la disponibilidad de proteína cruda hasta un promedio de 2%. Otro ejemplo del impacto de los compuestos secundarios son plantas *Juniperaceas*, como el cedro o táscale. Aunque estas plantas son relativamente nutritivas, los animales no las consumen mucho debido a su

contenido de aceites volátiles llamados terpeno o trementina. Debido a su sabor se reduce el consumo, reducen la actividad microbiana del rumen y los animales son poco hábiles para desintoxicarse de estos aceites.

La concentración y contenido específico de estos aceites volátiles, difiere con la edad, sexo y especie de plantas. Por ejemplo, plantas jóvenes tienen menor concentración y tienen mayor gustocidad. Por otra parte, las plantas femeninas son más consumidas.

ESPECIES DE GANADO DOMÉSTICO Y FAUNA SILVESTRE

El contenido de nutrientes del forraje no se ve afectado por el tipo de animales que lo utiliza; sin embargo, las especies de herbívoros utilizan diferentes grupos de plantas. Los rumiantes pueden clasificarse en tres grupos de acuerdo a sus preferencias de consumo por las diferentes plantas.

Los animales que consumen principalmente gramíneas (bovinos y bisonte), los ramoneadores (venado) e intermedios (cabras) (Lyons *et al.*, 1999).

Estos patrones están asociados a diferencias anatómicas de los animales. Los rumiantes principalmente consumidores de zacate tienen una dieta más alta en fibra y un rumen más grande con varios compartimientos que les permiten captar y fermentar mayores cantidades de fibra por períodos de tiempo más largos. En el otro extremo, los ramoneadores tienen un rumen relativamente más pequeño con compartimientos más abiertos que le permite a la fibra salir más rápido, mientras que el contenido celular liberado por un masticado activo es rápidamente fermentado (Launchbaugh *et al.*, 1990).

En resumen, los ramoneadores tienden a tener una mayor velocidad de paso de los alimentos por el rumen. Las tablas de alimentación, con frecuencia muestran diferencias de digestibilidad entre las especies animales. Debido a que la digestibilidad depende de los microbios, uno podría pensar que la diferencia está dada por la eficiencia de los microbios en el desdoblamiento de la fibra en los distintos herbívoros. Sin embargo, en general los microorganismos y su fermentación son muy similares en las diferentes especies de rumiantes (Lyons *et al.*, 1999).

Las diferencias en digestibilidad se deben principalmente a la cantidad de tiempo que el alimento permanece en las cámaras de fermentación. Un ejemplo es el que bovino, cabra y borrego pastoreando forrajes con el mismo potencial de digestibilidad, difieren en el tiempo promedio en que el forraje permanece en el tracto digestivo. Bovinos y borregos fueron similares en el tiempo de retención en el tracto digestivo y presentaron similar digestibilidad del forraje, con 48-58% y 44- 59% respectivamente (Johnson, 1966).

En contraste, las cabras tuvieron una menor retención del alimento en el tracto digestivo y una correspondiente menor digestibilidad (36-52%). El tiempo estimado de retención en caballos fue de 8.5 horas y digestibilidad del 55%, comparado con el 61% en bovinos (Johnson, 1966).

MANEJO DE ANIMALES EN PASTOREO

El entendimiento de la dinámica de la calidad del forraje puede proveer una base para mejorar el manejo del ganado mediante la coordinación de la calidad del forraje y las necesidades nutritivas del ganado. Debido a que los animales seleccionan su dieta de diferentes plantas y partes de plantas, las cuales están constantemente cambiando, resulta difícil estimar la calidad de la dieta bajo pastoreo. Existen varias alternativas para hacer estas estimaciones, una es por medio de muestras tomadas con animales fistulados en el esófago, otra mediante el análisis de las heces fecales por medio de espectroscopia de reflectancia infrarroja, o de una manera más práctica, puede hacerse por medio de observaciones del aspecto de las heces (Chávez *et al.*, 2000).

Respecto a esta última técnica, puede decirse que estiércol de bovinos de aspecto blando, con textura de apariencia suave y color verde indica alta digestibilidad y buen contenido de proteína. Conforme el tono se torna color café y la consistencia dura o seca, la dieta del ganado es menos digestible y de menor contenido proteico. El objetivo final de la estimación de la calidad de la dieta de los animales en pastoreo, es poder conocer las deficiencias de acuerdo a los requerimientos del ganado y objetivos del productor (mejorar la condición de los vientres, aumentar ganancias de peso en novillos, etc.) y de esta manera, planear un programa de suplementación durante las épocas del año en que sea necesario (Villalobos *et al.*, 1984).

La calidad del forraje disponible en los pastizales para el ganado doméstico y fauna silvestre, cambia dependiendo de las partes de las plantas que consuman, edad de las plantas, grupos de plantas, suelos, sitios, carga animal y por la presencia de compuestos secundarios. También, la digestibilidad del forraje está influenciada por el tipo de animales en pastoreo (Chávez *et al.*, 2000).

Las diferencias en calidad de forraje entre las diferentes plantas de los pastizales aportan tanto beneficios como retos. El beneficio de esta diversidad es que la calidad del forraje puede potencialmente mantenerse por períodos de tiempo más largos que con una sola especie. Desde el punto de vista de la producción animal, uno de los retos es que cuando el ganado tenga su mayor demanda productiva sea cuando el pastizal tenga la mayor producción y calidad forrajera.

Considerando la fauna silvestre, el reto es mantener un hábitat que aporte los requerimientos de alimentación y, en el caso de especies exóticas, que los recursos forrajeros sean adecuados a las especies específicas (Fierro *et al.*, 1990).

GASTO ENERGÉTICO DE LOS BOVINOS EN PASTOREO

El tiempo total de pastoreo oscila entre 9 y 10 horas por día en las distintas estaciones del año. El gasto de energía atribuible a la actividad, depende de la distancia recorrida, de

las horas de pastoreo y de sus respectivos costos energéticos, que pueden ser afectados por distintos factores (Chávez, 1990).

ACTIVIDAD EN PASTOREO

Dentro del rubro actividad se agrupan distintos trabajos musculares que pueden tener diferentes costos energéticos, según su intensidad y duración. Entre estos se encuentran los siguientes: la cosecha de forraje, la caminata, la rumia y los movimientos de echarse y pararse. Sin embargo, en cuanto a rumia y a echarse y levantarse, los animales en pastoreo no difieren de los que están en confinamiento. Por lo tanto, el gasto de energía atribuible a la actividad depende de la distancia recorrida, de las horas de pastoreo y de sus respectivos costos energéticos, que pueden estar afectados por distintos factores (Aello y Gómez, 1984).

En potreros de mediana extensión (320 ha) se han registrado valores promedios de 4.7 km/día. En extensiones de 1464 ha, con distancias a la bebida de 5.6 km, se ha observado que las vacas Hereford caminaron 7.9 km y las Santa Gertrudis 12.6 km (Herbel y Nelson, 1966).

Al utilizar en el primer caso, 1.5 h y en el segundo, casi 3 h. Para el caso de pastoreo intensivo con vacas lecheras en potreros de 0.1 ha, se han registrado valores de 0.9 km/día (Arnold, 1981).

DISTANCIA RECORRIDA

En pastoreo continuo intensivo se encontró que los animales caminaban 5.8 km/día y en rotativo entre 6 a 8 km/día (Walker, 1995). Quinn y Harvey (1970) encontraron valores entre 2 a 3 km a cargas de 4 novillos entre 9 y 12 ha., para pastoreo rotativo y continuo, y determinaron distancias de 3.2 y 4.3 km/día para novillos en cargas bajas y altas, respectivamente.

Thomson y Barnes (1993) indican que las distancias recorridas por vacas lecheras en Nueva Zelanda varían entre 2 a 7 km/, a un paso entre 2 a 3 km/h. Para la mayoría de los sistemas de producción, intensivos y semi-intensivos, se puede esperar que los vacunos caminen entre 3 a 5 horas y recorran una distancia entre 2 a 8 km Osuji (1974). El trabajo físico inherente a la caminata depende de la distancia recorrida, de la velocidad y de la pendiente en la cual se realiza. En los potreros de 320 hectáreas se han registrado distancias recorridas de 4,7 kilómetros por día, y en extensiones de 1464 hectáreas se han observado caminatas de 7,9 kilómetros en Santa Gertrudis, con distancias a la bebida de 5,6 kilómetros.

En el primer caso emplearon 1,5 horas y en el segundo, casi 3 horas, lo que significa que caminaron a una velocidad de entre 4 a 5 kilómetros por hora (Gutiérrez, 1982).

En pastoreo intensivo de vacas lecheras que ocupaban potreros de 0,1 hectáreas se midieron distancias recorridas de 0,9 kilómetros por día. En potreros de 9 y 12 hectáreas, pastoreados con novillos en forma rotativa y continua, con cargas de 4 cabezas por hectáreas, se recorrieron 2 y 3 km. por día. Se puede generalizar que, para la mayoría de los sistemas de producción, intensivos y semintensivos, se puede esperar que los vacunos caminen entre 2 a 8 kilómetros por día (Villalobos *et al.*, 1984).

ANTECEDENTES DEL COSTO DE LA ACTIVIDAD

Ribeiro *et al.* (1997) concluyeron que el costo de mover 1 kilogramo de peso, es relativamente constante entre especies, con un valor promedio de 0,49 kcal/kg/km. Este valor ha sido utilizado como base de los cálculos para tablas de alimentación y coincide con trabajos previos, quienes estiman un costo de 0,45 kcal/kg/km. Asimismo, el costo de comer fue estimado por Osuji (1974) en 0,62 y 0,45 kcal/kg/h de consumo de heno cortado y en pastoreo respectivamente. También, el gasto energético por actividad en ovinos incrementa la producción de calor entre un 34 a 72%, según la disponibilidad de la pastura. De esta manera, concluyen que el gasto de energía de vacunos que caminan 6 kilómetros por día significa un aumento del gasto de energía del 24% (Ribeiro *et al.*, 1997).

TIEMPO DE PASTOREO

Se estiman tiempos de pastoreo diarios de 7 horas, con diferencias entre vacunos de distinto tamaño adulto. Los animales de mayor talla tienden a pastorear hasta 70 minutos más por día. El tiempo de pastoreo máximo, no supera las 10 horas/día. El tiempo total de pastoreo oscila entre 9 a 10 hora/día en las distintas estaciones del año, con variaciones entre tiempo de pastoreo diurno y nocturno, según la época del año. En general, el pastoreo nocturno aumenta en la medida que disminuye el fotoperíodo (Aello y Gómez, 1984).

COSTO DE LA ACTIVIDAD SEGÚN CALORIMETRÍA

Ribeiro *et al.* (1997) concluyen que el costo de mover 1 kg de peso es relativamente constante entre especies, con un valor de 0.49 kcal/kg/km. Este valor promedio ha sido utilizado como base de los cálculos para tablas de alimentación y coincide con trabajos previos de Osuji, (1974), que estimó 0.45 kcal/kg/km. El costo de comer ha sido estimado en 0.62 y 0.45 Kcal/kg/h de consumo de heno cortado y en pastoreo, respectivamente. Los datos citados indican que el costo energético de caminar 1 km y de pastorear 1 hora son similares, con un valor promedio cercano a 0.5 kcal/ kg de peso del animal.

Utilizando este valor de gasto energético se puede estimar que el costo extra de un vacuno que camina 6 km y pastorea 10 horas, es del orden del 30 a 40 %, con respecto al de un animal en corral (Osuji, 1974).

Ribeiro *et al.* (1997) estiman, que el gasto energético por actividad en ovinos incrementa la producción de calor un 34 a 72 %, según la disponibilidad de la pastura y concluye que el gasto de energía de vacunos que caminan 6 km/día aumenta un 24 %.

CONCLUSIONES

La presente revisión bibliográfica establece de manera general los aspectos relacionados con la selectividad de los rumiantes en pastoreo, desde la situación por la que atraviesan los agostaderos en México y en Zacatecas, hasta la descripción de la fisiología ruminal, así como el comportamiento de los mismos en el agostadero y el análisis de sus hábitos de pastoreo en los diferentes sistemas de manejo del ganado, la composición química de la dieta de los animales y la definición de la composición botánica en los agostaderos así como los diferentes métodos para su determinación. Analizando los diferentes factores que afectan la calidad y la composición botánica de la dieta del ganado, la actividad del pastoreo y el gasto energético de los rumiantes en sus diferentes actividades, aspectos importantes en la planeación de los ranchos bajo condiciones extensivas.

LITERATURA CITADA

1. Adams, D. C., Nelsen, T. C., Reynolds, W. L. and Knapp, B. W. 1986. Winter grazing activity and forage intake of range cows in the Northern Great Plains. *J. Anim. Sci.* 62: 1240.
2. Aello, M. S. y Gómez, P. O. 1984. Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo y su efecto en la producción. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4: 533-546.
3. Aguado, S. G. A. 1994. Análisis de algunos efectos del pastoreo en agostaderos del Altiplano Central. Folleto técnico # 4. Campo Experimental 'Vaquerías'. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. INIFAP. 16p.
4. Allden, W. G. and Whittaker, I. A. M. 1970. The determinants of intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Aust. J. Agric. Res.* 21: 755-766.
5. Allen, M. S. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Animal Sci.* 74(12): 3063-3075.
6. Allison, C. D. 1985. Factor affecting forage by range ruminants: A review. *J. Range Manage.* 38(4): 305-311.
7. Anderson, D. M. and Kothman, M. M. 1980. Relationship of distance traveled with diet and weather for Hereford heifers. *J. Range Manage* 33(4): 217-220.
8. A.O.A.C., 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
9. Araujo-Febres, O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. IX Seminario de Pastos y Forrajes. Universidad de Zulia, Venezuela. Pág. 1-12.

10. Arch, J. R. S. 2005. Central regulation of energy balance: inputs, outputs and leptin resistance. *Proceedings of the Nutrition Society*. 64, 39–46.
11. Arnold, G. W. 1981. Grazing behavior. In: F.H.W. Morley (Ed.) *Grazing Animals*. Pp.79-104. *World Anim. Sci.*, B1, Elsevier Scientific Publ., New York.
12. Arnold, G. W. and Dudzinski, M. L. 1963. The use of faecal nitrogen as an index forestimating the consumption of herbage by grazing. *J. Agric. Sci. Cambridge*, 61, 33-41.
13. Arnold, G. W. and Dudzinski, M. L. 1978. *Ethology of the free-ranging domestic animal*. Pp. 1-50. Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, The Netherlands.
14. Arnold, G. W. and Hill, J. L. 1972. *Chemicals factors affecting selection of food plants by ruminants. Phytochemical Ecology*. Academic Press. New York.
15. Avendaño-Reyes, L., F. D. Álvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderón, A. Algándar-Sandoval, E. Rodríguez-González, R. Pérez-Velázquez, U. Macías-Cruz, R. Díaz-Molina, P. H. Robinson, and J. G. Fadel. 2010. Comparison of three cooling management systems to reduce heat stress in lactating Holstein cows during hot and dry ambient conditions. *Livest. Sci.* 132: 48-52.
16. Baile, C. A. and Mc Laughlin, C. L. 1987. Mechanisms controlling feed intake in ruminants. A review. *J. Animal Sci.* 64: 915-922.
17. Baldizan, A y Chacón, E. 1998. Valor nutritivo de las forrajeras y otros recursos alimentarios en los llanos centrales de Venezuela. *Universidad Experimental Rómulo Gallegos. Guarico*. 65 p.
18. Barton, R. K., L. J. Krysl, M. B. Judkins, D. W. Holcombe, J. T. Broesder, S. A. Gunter, and S. W. Beam. 1992. Rme of daily supplementation for steers grazing dormant intermediate wheat grass pasture. *J. Anim. Sci.* 70:547.
19. Baumont, R., Dulphy, J. P. and Jailler, M. 1997. Dynamic of voluntary intake, feeding behaviour and rumen function in sheep fed three contrasting types of hay. *Ann. Zootech.* 46: 231-244.
20. Baumont, R., Malbert, C. H. and Ruckebusch, Y. 1990. Mechanical stimulation of rumen fill and alimentary behaviour in sheep. *Anim. Prod.* 50: 123-128.
21. Bavera, G. 2004. Etología del abrevado curso de producción bovina de carne. En: Bavera G, editor. *Manual de aguas y aguadas para el ganado*. Río Cuarto, Argentina: Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. pp 1-5.
22. Bavera, G. A. 2002. *Etología Aplicada a la Producción Bovina de Carne*. Ed. del Autor, Rió Cuarto. 190p.
23. Beever, D. E. and Mould, F. L. 2000. In forage evaluation in ruminant nutrition. CABI Publishing, Wallingford, UK. Pp. 15-42.
24. Bell, F. R. 1984. Aspects of ingestive behaviour in cattle. *J. Animal Sci.* 59: 1369- 1372.
25. Belovsky, G. 1997. Optimal foraging and community structure: The allometry of herbivore food selection and competition. *Evol. Ecol. Netherlands*. 11(6): 641-672.

26. Belovsky, G., Mellison, Ch., Larson, Ch. and Van Zandt, P. 1999. Extinction of populations occurs naturally. *Science* 286: 1175-1177.
27. Bernabucci, U., N. Lacetera, L. H. Baumgard, R. P. Rhoads, B. Ronchi, and A. Nardone. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4: 1167-1183.
28. Bilsborrow, R. E. (1993), "Reflexiones metodológicas sobre las interrelaciones entre procesos demográficos y problemas del ambiente en áreas rurales de América
29. Bjorgstad, A. J., Crawford, H. S. and Neal, D. L. 1970. Determining forage consumption by direct observation of domestic grazing animal. In: Range and Wildlife habitat evaluation. U.S.D.A. Forest Service Miscellaneous Publication. No. 1147. Pp. 101-104.
30. Blevins, J. E., Schwartz, M. W. and Baskin, D. G. 2002. Peptid signals regulating food intake and energy homeostasis. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 80(5): 396-406.
31. Bondi, A. 1988. *Nutrición Animal*. Editorial Acibria. Zaragoza, España Bryant, F. C., Kothmann, M. M. and Merrill, L. B. 1980. Nutritive level in sheep, goat and white-tailed-deer diets on excellent condition rangeland in Texas. *J. Range Manage.* 34: 193-200.
32. Bonhomme, A. 1990. Rumen ciliates: their metabolism and relationships with bacteria and their hosts. *Animal Feed Sci. Technol.* 30: 203-266.
33. Boval, M, Fanchone, A., Archimede, H. and Gibb, M. J. 2007. Effect of structure of a tropical pasture on ingestive behaviour, digestibility of diet and daily intake by grazing cattle, *Grass and Forage Science*, 62: 44-54.
34. Bradshaw, A. P., D. A. Goode y E. H. P. Thorp (1986), *Ecology and Design in Landscape*, Londres, Blackwell.
35. Brandyberry, S. D., Del Curto, T. and Angell, R. F. 1992. Physical form and frequency of alfalfa supplementation for beef cattle winter grazing northern Great Basin rangeland. *Proc. West. Sect. Am. SOC. Anim. Sci.* 43:47.
36. Brereton, A. J., Holden, N. M., McGilloway, D. A. and Carton, O. T. 2005. A model describing the utilization of herbage by cattle in a rotational grazing system. *Grass Forage Sci.* 60(4): 367-384.
37. Briske, D. D. and Heitschmidt, R. K. 1991. An ecological perspective. In: Heitschmidt R.K., Stuth J.W. (eds.), *Grazing management. An ecological perspective*. Portland, OR: Timber Press. Pp. 11-26
38. Bryant, F. C., Kothmann, M. M. and Merrill, L. B. 1980. Diets of sheep, angora goats, spanish goats and white-tailed deer under excellent conditions. *J. Range Sci.* 32: 412-417.
39. Burlison, A. J., Hodgson, J. and Illius, A. W. 1991. Sward canopy structure and the bite dimensions and bite weight of grazing sheep. *Grass Forage Sci.* 46: 29-38.
40. Burns, J. C. and Sollenberger, L. E. 2002. Grazing behaviour of ruminants and daily performance from warm-season grasses. *Crop Sci.* 47: 873-881.

41. Carvalho, P. C. F., Poli, C. H. A. C. and Nabinger, C. 2000. Comportamiento ingestivo de bovinos em pastejo e sua relacao com a estrutura da pastagem. In: *Pecuaria de Corte No III milenio*. Pirassunga, SP. Anais. 223-230.
42. Cassels, D. M., Gillen, R. L., McCollum, F. T., Tate, K. W. and Hodge, M. E. 1995. Effects of grazing management on standing crop dynamics in tallgrass prairie. *J. Range Manage.* 48: 81-84.
43. CCAC, 2009. Canadian Council on Animal Care. The care and use farm animals in research, teaching and testing. In line: <http://www.ccac.ca/Documents Standards/Guidelines/ Farms Animals.pdf>. Diciembre 2017
44. CEPAL/CLADES (1981), *Tesoro del Medio Ambiente para América Latina y El Caribe*, Santiago de Chile, CEPAL.
45. Chacon, E. and Stobbs, T. H. 1976. Influence of progressive defoliation of sward on the eating behavior of cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 27:709.
46. Chacon, E., Stobbs, T. H. and Sandland, R. L. 1976. Estimation of herbage consumption by grazing cattle using measurement of eating behaviour. *J. Brit. Grassland Soc.* 31: 81-85.
47. Chávez, A., Fierro, G.L.H., y Peña, R.H. de la. 1986. Botanical composition and nutritive content of cattle diets on midgrass range in Central Chihuahua, Mexico. INIFAP. Subsector Pecuário. Dpto. Manejo de Pastizales, Chihuahua, México
48. Chávez, S. A. H., Fierro, L. C. y Sánchez, G. E. 1983. Composición botánica, preferencia y similaridad de la dieta de bovinos en un pastizal mediano abierto. *Bol. Pastizales. RELC-INIP-SARH* 1983; XIV: 4-6.
49. Chávez, S. A. H., Pérez, G. A. y Sánchez, G. E. 2000. Intensidad de pastoreo y esquema de utilización en la selección de la dieta del ganado bovino durante la sequía. *Téc. Pec. Méx.* 38(1): 19-34.
50. Cheng, K. J., Forsberg, C. W., Minato, H. and Costerton, J. W. 1991. Microbial ecology and physiology of feed degradation within the rumen. In: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants* (Tsuda, T., Sasaki, Y. & Kawashima, R. (eds.), Pp. 595–624. Academic Press, Toronto, Can.
51. Cherney, D. J. R. 2000. In *Forage Evaluation in ruminant nutrition*. CABI Publishing, Wallingford, UK. Pp. 281-300.
52. Church, D. C. 1979. *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. 2da Edición. Editorial: Oxford Press, Inc. Portland, Oregon. USA. 155.
53. Church, D. C. and Fontenot, J. P. 1979. Nitrogen metabolism. In: *Digestive Physiology and nutrition of Ruminants*. Vol. 2. Ed. D.C, Church, O & B. Books. Inc. Oregon, USA.
54. Church, D. C. and Pond, W. G. 2004. *Fundamentos de Nutrición y alimentación de animales*. Limusa Wiley, 635p.
55. Coe, P. K., Johnson, B. K., Stewart, K. M. and Kie, J. G. 2004. Spatial and temporal interactions of elk mule deer, and cattle. In: J. Rahm (ed.). *Transactions of the sixty ninth North American Wildlife and Natural Resources Conference* 16- 20 March. Wildlife Management Institute. 69: 656-669.

56. Coleman, S. W., Lippke, H. and Gill, M. 1999. Estimating the nutritive potential of forages. In: Jung, H.G. and G.C. Fahey (eds.) *Proceedings of the V International Symposium on the Nutrition of Herbivores*. American Society of Animal Science. Illinois, USA. 113-115.
57. CONAFOR. 2010. *Comisión Nacional Forestal Conservación y Reestructuración de Suelos*. Conafor. gob.mx.
58. CONAZA. 1994. Plan de acción para combatir la desertificación en México (PACD- MÉXICO) *Comisión Nacional de Zonas Áridas*. Secretaría de Desarrollo Rural. Saltillo, Coah., México. 3-6.
59. Cosgrove, G. P. 1977. Grazing behaviour and forage intake. In: Comide J.A. (ed.) *International Symposium on Animal Production Under grazing*, Vicosa, Brazil. Pp. 59-80.
60. COTECOCA.1980. *Comisión Técnico Consultiva para la determinación de Coeficientes de Agostadero*. Zacatecas y Aguascalientes. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
61. Cunningham, M. and Acker, D. 1998. *Animal Behavior*. In: *Animal Science and Industry*. Prentice Hall.
62. De Alba, B. R., Winder, J., Holechek, J. I. and Cardenas, M. 1998. Diets of 3 cattle breeds on Chihuahuan desert rangeland. *J. Range Manage.* 51: 270-275.
63. Della-Fera, M. A. and Baile, C. A. 1984. Control of feed intake in sheep. *J. Animal Sci.* 59: 1362-1368.
64. Demarquilly, C., Andrieu, J. and Weiss, P. 1981. L'ingestibilité des fourages verts et des foin et sa prévision. In: *Prévision de la Valeur Nutritive des Aliments des Ruminants*, Demarquilly, C. (coord.). INRA Publications, Versailles. Pp. 155-157.
65. Demment, M. W. and Laca, E. A. 1993. *Herbage intake at grazing: a Proceedings of XVII International Grassland Congress*, New Zealand. (145-160).
66. Derner, J. D., Gillen, J. C., McCollum, F. T. and Tate, R. W. 1994. Little bluestem tiller defoliation patterns under continuous and rotational grazing. *J. Range Manage.* 47: 220-225.
67. Dominício do Nascimento, Jr. 2003. *Estructura da pastagem e consumo de pasto a interface planta/ animal*. Universidad Federal de Vicosa. Centro de Ciencias Agrarias. Departamento de Zootecnia. 40 p.
68. Dumont, B., Dutronc, A. and Petit, M. 1998. How readily will sheep walk for a preferred forage? *J. Anim. Sci.* 76: 965-971.
69. Dunn, R. W., Havstad, K. M. and Ayers, E. L. 1988. Grazing behavior responses of rangeland beef cows to winter ambient temperatures and age. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 21:201.
70. Ebershon, J. P., Evans, J. and Limpus, J. F. 1983. Grazing time and its diurnal variation in beef steers in coastal South-east Queensland. *Trop. Grassland.* 17(2): 76-81.
71. Echavarría, Ch. F. G., Gutiérrez, L. R., Ledesma, R. R. I., Bañuelos, V. R. Aguilera, S. J. I. y Serna, P. A. 2006. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano. *I Vegetación nativa. Téc. Pec. Méx.* 44(2): 203-217.

72. Ellis, W. C., Poppi, D. P., Matis, J. P., Lippke, H., Hill, T. M. and Rouquette, Jr. F. Ganaie, A. H., G. Shanker, N. A. Bumla, R. S. Ghasura, N. A. Mir, S. A. Wani, and G. B. Dudhatra. 2013. Biochemical and physiological changes during thermal stress and bovine. J. Vet. Sci. Technol., 4: 2157-7579.
- 73.
74. Farinatti, L. H., Poli, C. H. A. C and Monks, P. L. 2004. Comportamiento ingestivo de vacas holandesas em sistemas de producao de leite a pasto na regio da Campanha do Rio Grande do Sul. In: Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Campo Grande Anais. Pp. 35-40.
75. Faverdin, P., Baumont, R. and Ingvarsen, K. L. 1995. Control and prediction of feed intake in ruminants. In: Recent Developments in the Nutrition of Herbivores, Proceedings of the IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Pp. 3-16.
76. Fierro, L. C., A. Chávez, A. y Soltero, S. 1990. Consumo voluntario de forraje del ganado en apacentamiento: Rev. Bibliogr. Manejo Pastizales. 3(2): 46-48.
77. Fierro, L. C., Gómez, F. y Ortiz, V. 1978. Comparación de la morea y el blok de proteína como suplemento invernal para bovinos en pastoreo. Pastizales, Vol. IX. Pp. 2-5.
78. Fontenot, J. P. and Blazer, R. E. 1983. Review of research on stockpiled fescue for beef cattle. Oklahoma State University. Pp. 13-14.
79. Forbes JM. 2007. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Wallingford, UK: CABI Publishing.
80. Forbes, J. M. 1995. Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. CAB International, Wallingford, UK. P 544-547.
81. Free, J., Sims, P. L. and Hansen, R. M. 1971. Method of estimating dry-weight composition in diets of steer. J. Animal Sci. 32: 1003-1008.
82. Ghadaki, M. D., Van Soest, P. J., Mc Dowell, R. E and Malekpour, B. 1974. Chemical composition and in vitro digestibility of some range forage species of Iran. 12th Int. Grassl. Cong. Moscow. Pp. 542-549.
83. Giménez, Z. M. 1999. La etología aplicada a la ganadería. Veterinaria Argentina. XVI(155): 370-374.
84. Glantz, M. H. (ed.) (1977), *Desertification*, Boulder, Colorado, Westview Press.
85. Gordon, I. J. 1995. Animal-based measurement techniques for grazing ecology research: a review. Small Ruminant Res. 16(3): 203-214.
86. Graham, O. P. (1992), "Survey of Degradation in New South Wales, Australia", *Environmental Management*, núm. 16, pp. 205-223.
87. Grandin, T. 2000. Principios de comportamiento animal para el manejo de bovinos y otros herbívoros en condiciones extensivas. Livestock handling and transport. Chap. 5, CABI Publishing, Wallingford. Oxon (Reino Unido). Pp. 53-85.
88. Greenhalgh, J. F. D. and Reid, G. W. 1971. Relative palatability to sheep of straw hay and dried grass. Br. J. Nutr. 26: 107-116.

89. Grings, E. E., Adams, D. C. and Short, R. E. 1995. Diet quality of suckling calves and mature steerson Northern Great Plains rangelands. *J. Range Manage.* 48: 438-441.
90. Gutiérrez, J. L. 1982. Nutritive value of diets selected by grazing cattle in Northwest Chihuahua. Tesis Doctoral. New Mexico State University. Las Cruces.
91. Gutiérrez, J. L. 2004. Nutrición de Rumiantes en Pastoreo. Colección de Textos Universitarios. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Chih. Pp 23-40.
92. Hafez, E. 2000. Reproduction in farm animals. 6a ed. La Habana: Editorial.
93. Heady, H. F. and Child, R. D. 1994. Rangeland ecology and management. Westview Press. Boulder, CO.
94. Heitschmid, R. K. and Stuth, J. W. 1991. Grazing management. Timber Press, Oregon, USA. Pp. 38-45.
95. Herbel, C. H. and Nelson, A. B. 1996. Species preferences of Hereford and Santa Gertrudis cattle on a Southern New Mexico range. *J. Range Manage.* 19(4): 177- 181.
96. Herrera-Saldaña, R. 1990. La importancia de la degradación ruminal de las fuentes de nitrógeno y energía en la alimentación de rumiantes. En: Memorias de la Tercera Reunión de Nutrición Animal. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. Mex.
97. Herrera, C. H. M., Reyes, M. F., Juárez, R. A. S. y Carrete, C. F. O. 1993. Estimación del consumo voluntario de forraje por caprinos en pastoreo por el método de conteo y peso del bocado. *Manejo Pastizales.* 6(3): 4-8.
98. Hirschfield, D. J., Kirby, D. R., Canton, J. S., Silcox, S. and Olson, K. C. 1996. Influence of grazing management on intake and composition of cattle diets. *J. Range Manage.* 49: 257-263.
99. Hodgson, J. 1982. Ingestive behaviour. In: *Herbage intake Handbook.* Leaver J.D. (ed.). Hurley, U. K. Brithis Grassland Society. Pp. 113-138.
100. Hodgson, J., Clark, D. A. and Mitchell, R. J. 1994. Foraging behaviour in grazing animals and its impact on planta communities. In: Fahey G.C., Jr, Collins M., Mertens D.R. and Moser L.E. (eds.) *Forage quality, evaluation and utilization.* Madison, WI, USA. Pp. 796-827.
101. Holechek, J. L., Vavra, M. and Pieper, R. D. 1982. Methods for determining the nutritive quality of range ruminant diets: a review. *J. Animal Sci.* 54: 363-376.
102. Holechek, J., Galt, D., Joseph, J., Navarro, J., Kumalo, G., Molinar, F. and Thomas, M. 2003. Moderate and light cattle grazing effects on Chihuahuan Desert rangelands. *J. Range Manage.* 56: 133-139.
103. Hussain F, and Jan DM. 2009. Seasonal availability, palatability and animal preferences of forage plants in harboi arid range land, Kalat, Pakistan. *Pak J Bot* 41:539-554.
104. Huston, J. E. and Pinchak, W. E. 1991. Range animal nutrition. In: R. K. Heitschmid y J. W. Stuth (eds.), *Grazing management: an ecological perspective.* Timber Press, Portland, OR. Pp. 35-50.

105. Illius, A. W. and Jessop, N. S. 1996. Metabolic constraints of voluntary intake in ruminants. *J. Animal Sci.* 74: 3052-3062.
106. Inoué, T., Brookes, I. M., John, A., Kolver, E. S. and Barry, T. N. 1994. Effects of leaf shear breakingload on the feeding value of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) for sheep. 2. Effects on feed intake, particle breakdown, rumen digesta outflow and animal performance. *J. Agric. Sci.* 123: 137-147.
107. Iskander, F. D. 1973. Factors affecting feeding habits of sheep grazing foothill of northern Utah. Utah State University Dept. of Range Science. Pp. 105-122.
108. Jarrige, R., Dulphy, J. P., Faverdin, P., Baumont, R. and Demarquilly, C. 1995. Activités d'ingestion et de rumination. In: Jarrige R., Ruckebusch Y., Demarquilly ., Farce M.H.,
109. Johnson, R. R. 1966. Techniques and Procedures for in vivo rumen studies. *J. Animal Sci.* 25: 855-875.
110. Jung, H. G. and Allen, M. S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Animal Sci.* 73: 2774-2790.
111. Junge, H. G. and Vogel, K. P. 1986. Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. *J. Anim Sci.* 62(6): 1703.
112. Kalmbacher, R. S., Long, K. R., Jhonson, M. K. and Martin, F. G. 1984. Bot. Composit. Diets Cattle. 37(4): 334-340.
113. Karges, K. K. 1990. Effects of rumen degradable and escape protein on cattle response to supplemental protein on native pasture. M.S.Thesis. University of Nebraska, Lincoln, Nebraska.
114. Karn, J. F. 2000. Supplementation of yearling steers grazing northern great plains rangelands. *J. Range Manage.* 53: 170-175.
115. Kloppenburg, P. B., Kiesling, H. E., Kirksey, R. E. and Donart, G. B. 1995. Forage quality, intake and digestibility of yearlong pastures for steers. *J. Range Manage.* 48: 542-548.
116. Kowalski, K. 1981. Mamíferos. Manual de Teriología. 1ªEdición. Editorial: H. BlumeEdiciones. Madrid, España.
117. Krysl, L. J. and Hess, B. W. 1993. Influence of Supplementation on Behaviour of Grazing Cattle. *J. Anim. Sci.* pp 71: 2546-2555. Nevada Reno.
118. Kudo, H., Jakober, K. D., Phillippe, R. C. and Cheng, K. J. 1990. Isolation and characterization of cellulolytic anaerobic fungi and associated mycoplasmas from the rumen of a steer fed a roughage diet. *Can. J. Microbiol.* 36: 513-517.
119. Laca, E. A. and Ortega, I. M. 1995. Integrating foraging mechanisms across spatial and temporal scales. In: Fifth International Rangeland Congress, Salt Lake City, 23-28 July. Pp. 129-132.
120. Lammers, B. and Heinrichs, A. 2000. The response of altering the ratio of dietary protein to energy on growth, feed efficiency and mammary development in rapidly growing prepubertal heifers. *J. Dairy. Sci.* 83(5): 977-983.

121. Landa, R. (1992), Evaluación regional del deterioro ambiental en La Montaña de Guerrero, México, Facultad de Ciencias/Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de grado.
122. Launchbaugh, K. L., Sthuth, J. W. and Holloway, J. W. 1990. Influence of range site on diet selection and nutrient intake of cattle. *J. Range Manage.* 43: 109-116.
123. Laycock, W. A., Buchanan, H. and Krueger, W. C. 1972. Tres métodos para determinar la dieta, la utilización y el daño por pisoteo, en pastizales de ovejas. *Selecciones del Journal of Range Mangement.* Pp 1-3. SAG. Programa Nacional de Mejoramiento de Pastizales.
124. Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of poor quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutr. Res. Rev.* 3: 277-303.
125. Leyva-Corona, J.C., D. I. Armenta-Castelo, R. Zamorano-Algandar, M. G. Thomas, G. Rincon, J. F. Medrano, F. Rivera-Acuña, J. R. Reyna-Granados, y P. LunaNevárez. 2015. Variables climáticas asociadas a la producción de leche en vacas Holstein criadas bajo condiciones de estrés por calor del Valle del Yaqui, México. *Rev. Latinoam. Rec. Nat.* 11(1): 1-11.
126. Lundberg P, Åstrom M. 1990. Functional response of optimally foraging herbivores. *J Theor Biol.* 144:367-377.
127. Lyons, K., Machen, R y Forbes, T. D. A. 1999. Porque cambia la calidad del forraje de los pastizales. Cooperativa de Extension. Texas A& M. University Pp. 1-6.
128. Malechek, J. C. 1984. Impacts of grazing intensity and specialized grazing systems on livestock response. In: *Developing strategies for rangeland management.* Boulder Co, US: NRC/NAS. Pp. 1129-1158.
129. Malechek, J. C. and Smith, B. M. 1976. Behavior of range cows in response to winter weather. *J. Range Manage.* 29: 9-12.
130. Mannerje, L. and Jones, R. M. 2000. Field Laboratory methods for grassland and animal production research. CABI Publishing. New York. USA. 340-353.
131. Marriott, C. A. and Carrère, P. 1998. Structure and dynamics of grazed vegetation. *Anim. Res.* 47: 359-369.
132. McCollum, T. 1993. Managing stocking rates to achieve livestock production goals in north Texas and Oklahoma. In: J.R. Cox y J.F. Cadenhead (eds.), *Proceedings of managing livestock rates on rangeland Symposium*, Texas Agricultural Extension Service. Pp. 1-6.
133. McGovern, T. H., G. Bigelow, T Amorosi and D Russell (1988), "Northern Islands, Human Error, and Environmental Degradation: A View of Social and Ecological Change in the Medieval North Atlantic", *Human Ecology*, núm. 16, pp. 225-27.
134. Merchen, N. R. 1993. Digestión, absorción y excreción en los rumiantes. En: D. C. Church (Ed.). *El rumiante, fisiología digestiva y nutrición.* Tomo I. Editorial Acribia,
135. Minson, D. J. 1981. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. In: *Nutritional limits to animal production from pastures Proceedings of an International Symposium.* Queensland, Australia. Pp. 187-197.

136. Minson, D. J. 1990. Forage in ruminant Nutrition. New York; Academic Press.
137. Minson, D. J. and Wilson, J. R. 1994. Prediction of intake as an element of forage quality. In: National Conference on Forage Quality: Forage Quality, Evaluation, and Utilization. Madison Proceedings. 533-561.
138. Minson, J. D. (1990). Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press. San Diego, CA.
139. Mofareh, M. M., Beck, R. F. and Shcneberger, A. G. 1997. Comparing techniques for determining steer diets in northern Chihuahuan Desert. J. Range Manage. 50: 27-32.
140. Moore, J. E. 1994. Forage quality indices: development and application. In Fahey GC et al., editors. Forage quality, evaluation and utilization. Madison, WI: ASA, SSSA. Pp. 967-968.
141. Morley, F. H. W. 1981. Grazing Animals. Elsevier Scientific Publishing Company. 412-450.
142. Murillo, O. M., Palacio, CH. C., Reyes, E. O., Carrete, C. F. O y Ruiz, B. O. 2004. Valor nutricional de la dieta consumida por ganado bovino en un pastizal mediano arbosufrutesciente durante tres estaciones del año. Sistemas de Producción Agropecuaria. AGROFAZ 4(2): 4-7.
143. National Research Council. 2002. Predicting Feed Intake of Food – Producing Animals. National academic Press. 60-74.
144. Nelson, A. B., Herbel, C. H. and Jackson, H. M. 1970. Chemical composition of forage species grazed by cattle on arid New Mexico range. New Mexico State Univ. Agr. Sta. Bull. 561. 35-39.
145. Newman, J. A., Parsons, A. J. and Penning, P. D. 1994. A note on the behavioural strategies used by grazing animals to alter their intake rates. Grass Forage Sci. 49: 502-505.
146. Nolan, T. and Nastis, A. 1977. Some aspects of use vegetation by grazing sheep and goats. Galway, Ireland. Dept. Range Wildlife Science. University of Thessaloniki. Greece. 1-25.
147. NRC. (1987). Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals. National Academy Press. Washington, DC.
148. NRC. (2002). Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals. National Academy Press. Washington, DC
149. O'Reagain, P and Schwartz, H. J. 1995. Dietary selection and foraging strategies of animals on rangeland. Coping with spatial and temporal variability. In: Proceedings IV International Symposium on the Nutrition of Herbivores Journet M., Grenet E., Farce MH, Theriez M. and Demarquilly C. Clermont-Ferrand, (eds.). France, Sept. 1995. INRA, Paris.
150. Obispo, N. E. 2005. El uso de las fuentes de nitrógeno no proteico en rumiantes. Revista CENIAP. No. 8. Maracay Aragua. Venezuela. 1-7.
151. Oelberg, K. 1956. Factors affecting the nutritive value on range plants. J. Range Manage. 9: 220-225.

152. Olivo, J. C., Charao, P. S. y Sobczak, M. S. 2004. Comportamento de vacas da raza Holadesa em pastagem manejada sob principios agroecologicos. In: Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Campo Grande. Anais. Pp. 2017- 2030.
153. Olson-Rutz, K. M. and Urness, P. J. 1987. Comparability of behavior and diet selection of tractable and wild mule deer. Utah Department of Natural Resources Publication 88-3, Salt Lake, UT: Utah Division Wildlife Resources. 1-39.
154. Orpin, C. G. and Joblin, K. N. 1988. The rumen anaerobic fungi. In: The Rumen Microbial ecosystem. Pp. 129-150. (PN Hbson, editor) London Elsevier Science Publishers Ltd.
155. Orskov, E. R. 1976. Factores que influncian la utilizaci3n del nitr3geno proteico y el no proteico en rumiantes j3venes. Prod. Animal Trop. 3: 95-102.
156. Orskov, E. R. 1995. Plant factors limiting roughage intake in ruminants. Tropical feeds and feeding systems. 55-70.
157. Osborne, J. M. and Dehority, B. A. 1989. Synergism in degradation and utilization of forage tion of intact forage cellulose, hemicellulose, and pectin by three pure culture of ruminal bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 55: 2247-2250.
158. Osuji, P. O. 1974. The physiology of eating and the energy expediture of the ruminants at pasture. J. Range Manage. 27: 437-443.
159. Parra, R., Combillas, J. y Gonz3lez, E. 1972. Composici3n y valor nutricional de forrajes en el tr3pico. Agron. Trop. 22: 219-230.
160. P3rez, C. M. E. V3zquez, de A. B. R., Garc3a, C. and Garc3a, C. A. 1998. Variations in nutricional quality and biomasa production of semiarid grasslands. J. Range Manage. 51: 570-576.
161. Pinto, R. R., L. O. Reyes, H. C. G3mez, F. G. Hern3ndez, D. H. S3nchez. 2014. Comportamiento animal y caracter3sticas de la dieta de bovinos pastoreando estrella africana sola y asociada con 3rboles. Rev. Mex. Cienc. Peru. 5(3): 365- 374.
162. PNUMA. 2010. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente para Am3rica Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente GEO ALC 3.
163. Popp, J. D., McCaugheg, W. P. and Cohen, R. D. H. 1997. Effect of grazing system, stocking rate and season use on diet quality and herbage availability of alfalfagrass pasture. Can. J. Anim Sci. 77: 111-118.
164. Prache, S. 1997. Intake rate, intake per bite and time per bite of lactating ewes on vegetative and reproductive swards. Appl. Anim. Behav. Sci. 52: 53-64.
165. Prache, S., Roguet, C. and Petit, M. 1998. How degree of selectivity modifies foraging behaviour of dry ewes on reproductive compared to vegetative sward structure. Appl. Anim. Behav. Sci. 57: 91-108.
166. Prescott, M. L., Havstad, K. M., Olson, K. M., Ayers, K. M. and Petersen, M. K. 1994. Grazing behavior of free-ranging beef cows to initial and prolonged exposure to fluctuating thermal environments. Appl. Anim. Behav. 39(2): 103-113.

167. Preston, T. y Leng, R. 1990. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre nutrición de rumiantes en el trópico. 2ª. Edición. Condit. Cali Colombia. Pp. 312- 317.
168. Provenza, F. D. and Balph, D. F. 1987. Diet learning by domestics animals: Theory, evidence and practical implications. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 18: 211-232.
169. Quinn, J. A. and Harvey, D. F. 1970. Trampling losses and travel by cattle on sandhills range. *J. Range Manage.* 23: 50-55.
170. Ramírez R.G. 1999. Feed resources and feeding techniques of small ruminants under extensive management conditions. *Small Rumin. Res.* 34:215-230.
171. Ramírez, L. N. 2005. Universidad de Los Andes – Trujillo, Venezuela. *Mundo Pecuário.* 1 (2): 38-40.
172. Ramírez, L. R. G., Treviño, R. A. y Quintanilla, J. B. 1991. Valor nutritivo de la dieta simulada del venado cola blanca en el municipio de Parás, Nuevo León. *Manejo de Pastizales.* 4(3): 20-24.
173. Ramírez, R.G. 2003. Nutrición de rumiantes. *Sistemas extensivos.* Edit. Trillas, Mexico. Pp. 56-61.
174. Rémond, B., Brugère, H., Poncet, C. and Baumont, R. 1995. Le contenu du réticulo-rumen. In: *Nutrition des Ruminants Domestiques*, Jarrige. 253-298.
175. Reyes, L. G. 1983. Comportamiento del ganado caprino en un pastizal mediano abierto invadido por arbustivas, bajo dos intensidades de pastoreo. *Memorias XV Reunión Anual. INIP-SARH.* México, D.F. Pp. 25-28.
176. Reynolds, C. K. and Benson, J. A. 2004. Gut peptides and feed intake in lactating dairy cows. *J. Animal Sci.* 82(Suppl. 1): 81 Abs.1781-1787.
177. Ribeiro, H. M. N., Almeida, E. X. and Harthmann, O. E. L. 1997. Tempo e ciclos diários de pastejo de bovinos submetidos a diferentes ofertas de forragem de capim-elefante anao cv Mott. In: *Reuniao anual da socieda de brasileira de zootecnia. Juiz de Fora. Anais. SBZ.* Pp. 274-275.
178. Rice, R. W., Cundy, D. R. and Weyerts, P. R. 1971. Botanical and chemical composition of esophageal and rumen fistula samples of sheep. *J. Range Manage.* 24: 121-125.
179. Rodríguez, G.F., and L.G. Llamas. 1990. Digestibilidad, balance de nutrimentos, y patrones de fermentación ruminal (Ed) Castellanos, R.A. Llamas L.G.
180. Ruíz, R. y Vásquez, C. M. 1983. Consumo voluntario de pastos y forrajes tropicales. *Los pastos de Cuba. Utilización EDICA.* La Habana, Cuba. Pp. 34-37.
181. Rzedowski, J. 2005. Vegetación de México. Comisión Nacional para el conocimiento y usos de la biodiversidad. Primera Edición Digital. México, D.F. S. A. Zaragoza, España. Pp. 191-223.
182. SAGARPA. 2004. Situación actual y perspectivas de la carne de bovino en México 1990-1998.
183. Sánchez, E. J. y Mena, V. O. 1977. Determinación del gasto energético (Mcal/día) por el ganado bovino a partir de sus hábitos y comportamiento en pastoreo en verano. *Tec. Pec. Méx.* 32: 27-29.

184. Sarmiento, D. O. L. 2003. Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de capim-Marandu submetidos a regimes de lactacao continua. Discretacao (Maestrado em Zootecnia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de Sao Paulo, Piracicaba, SP. Pp. 143-151.
185. SEDAGRO. 2006. Inventario animal para el Estado de Zacatecas. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Gobierno del Estado de Zacatecas. Pp. 10-12.
186. Serna, P. A y Echavarría, CH. F. G. 2002. Caracterización hidrológica en un agostadero comunal excluido al pastoreo en Zacatecas, México. Téc. Pec. Méx. 40(1): 55-69.
187. Serrato, F. B., Díaz, A. R. y López, B. F. 1999. Efectos sobre la cubierta vegetal, la escorrentía y la erosión del suelo, de la alternancia cultivo-abandono en parcelas experimentales. Investigaciones Geográficas. México, D.F. Pp. 35-39.
188. Shimada, A. M. 2003. Nutrición Animal. Editorial Trillas. México.
189. Skarpe C, Hester A. Plant Traits, Browsing and Grazing Herbivores, and Vegetation Dynamics. In: Gordon IJ, Prins HH, editors. The Ecology of Browsing and Grazing. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2008.p.217-247.
190. Smith, D. R. 1968. Bias in estimates of herbage utilization derived from plot sampling. J. Range Manage. 21: 109-110.
191. Sowell, B., Koert, B. and Bryant, F. C. 1985. Seasonal nutrient estimates of mule deer diets in the Texas Panhandle. J. Range Manage. 38: 163-167.
192. Spedding, C. R. W., Large, R. V. and Kydd, D.D. 1966. The evaluation of herbage species by grazing animals. In: Proceedings of the 10th International Grassland Congress, Helsinki. Pp. 479-483.
193. Sprinkle, J. E., Holloway, J. W., Warrington, B. G., Ellist, W. C., Stuth, J. W., Forbes, T. D. and Greene, L. W. 2000. Digesta kinetic, energy intake, grazing behavior and body temperature of grazing beef cattle differing in adaptation to heat. J. Animal Sci. 78: 1608-1624.
194. Squires, V. R. 1982. Dietary overlap between sheep, cattle and goats when grazing in common. J. Range Manage. 35(1): 116-119.
195. Stephens DW, Brown JS, Ydenberg RC. Foraging: Behavior and Ecology. Chicago: University of Chicago Press; 2007.
196. Stephens DW, Krebs JR. Foraging Theory. Princeton: Princeton University Press; 1986.
197. Stobbs T. H. 1973. The effect of plant structure on intake of tropical pastures I. Variation in the bite size of grazing cattle. Austr. J. Agric. Res. 24(6): 809-819.
198. Stobbs, T. H. 1970. Automatic measurement of grazing time by dairy cows on tropical grass and legume pastures. Trop. Grassl. 4:327.
199. Stockdale, C. R. and King, K. R. 1983. Effect of stocking rate on the grazing behavior and fecal output of lactating dairy cows. Grass Forage Sci. 38:215.

200. Stricklin, W. R., Wilson, L. L. and Graves, H. B. 1976. Feeding behavior of Angus and Charolais-Angus cows during summer and winter. *J. Anim. Sci.* 43:721.
201. Taylor, C. A., Kothman, M. M., Merrill, L. L. and Elledge, D. 1980. Diet selection by cattle under high-intensity, low-frequency, short duration and Merrill grazing systems. *J. Range Manage.* 33(6): 428-434.
202. Tharmaraj, J. J., Wales, W. J., Chapman, D. F. and Egan, E. R. 2003. Defoliation pattern, foraging behaviour and diet selection by lactating dairy cows in response to sward height and herbage allowance of a ryegrass-dominated pasture. *Grass Forage Sci.* 58(3): 225-238.
203. Thill, R. E. and Martin, A. 1989. Deer and cattle diets on heavily grazed pine-bluestem range. *J. Wildlife Manage.* 53: 540-548.
204. Thomson, N. A. and Barnes, M. L. 1993. Effect of distance walked on dairy production and milk quality. *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.* 53: 69-72.
205. Tribe, D. E. 1950. The behaviour of the grazing animal: a critical review of present knowledge. *Grass Forage Sci.* 5(3): 1365-2494.
206. Ungar, E. D. 1977. Ingestive behaviour. In: Hodgson J. and Illius A.W. (eds) *The ecology and management of grazing systems*, Pp. 185-218. Wallingford, UK. CAB International.
207. Valenzuela, F. J. 1977. Hábitos de pastoreo del ganado bovino en un matorral arbofruticosa del estado de Sonora. *Pastizales*. Vol. VIII-4. 2-4.
208. Vallentine, J. F. 1990. *Grazing Management*. San Diego California. USA. 167-184.
209. Vallentine, J.F. 2001. *Grazing management*. 2ª Ed. Academic press. San Diego, California USA.
210. Van Dyne, G. M. 1980. Diet selection on intake. *Grass Forage Sci.* 34: 45-47.
211. Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminants. O. & B. Books, Inc. Corvallis, Oregon. USA. Pp. 57-74.
212. Van Soest, P. J. and Sniffen, C. J. 1982. A net protein system for cattle: The submodel for nitrogen, protein requirements for cattle. A symposium F.N. Owens (ed) Div. Agric. Oklahoma, U.S.A.
213. Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
214. Varga, G. A. and Kolver, E. S. 1997. Microbial and animal limitations to fiber digestion and utilization. Conference: New developments in forage science contributing to enhanced fiber utilization by ruminants. *J. Nutr.* 819-823.
215. Vargas, L. S. y López, T. R. 1991. *Investigaciones en caprinos en el norte de México*. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
216. Villalobos, G., Klopstein, T. J., Adams, D. C., Shain, D. and Long, T. E. 1997. Grass hay as a supplement for grazing cattle II. Ruminal digest kinetics. *J. Range Manage.* 50: 357-360.

217. Villalobos, J. C., Chávez, A., Silva, M., Rodríguez, E. A. y Nuñez, G. 1984. Efecto de la carga animal en el comportamiento del ganado bovino en un pastizal mediano abierto. Memoria Reunión Anual de Investigación Pecuaria. México, D.F. 8 p.
218. Wade, M. H. and Carvahlo, P. C. F. 2000. Defoliation patterns and herbage intake on pasturtes. In. Lemaire G, Hodgson J, De Moraes A, Nabinger C, Carvalho PCF (eds.), Grassland Ecophysiology and grazing ecology. Wallingsford, UK: CAB publishing. Pp. 233-248.
219. Wagnon, K. A. 1963. Behaviour of beff cows on a California range. California, Agr. Ext. ser. Bull. 799.2-9.
220. Walker, J. W. 1995. Grazing management and research now and in the next millennium. J. Range Manage. 48: 350-357
221. Weston, R. H. 1982. Animal factors affecting feed intake. In Hacker JB, editot. Nutritional limits to animal production from pastures. Slough, UK; CAB International. Pp. 183-198.
222. Willard, H., Merritt, Jr. L., Dean, J. y Settle, Jr. F. 1991. Métodos instrumentales de análisis. Grupo Editorial Iberoamericana S. A. de C. V. México, D. F. 884 p
223. Wilson, A. D. 1969. A review of browse in the nutrition of grazing animal. J. Range Manage. 22: 23-28.
224. Woodward, S. J. R., Waker, G. C. and McCall, D. C. 1995. Optimal grazing of a multipaddock using a discret time model. Appl. Sci. 48: 119-139.
225. Yang, C. J. M. and Varga, G. A. 1993. The effects of continuous ruminal dosing cellulose with dioctyl sodium sulphosuccinate on ruminal and metabolic characteristics Isolation and of lactating cows. Br. J. Nutr. 69: 397-408.
226. Zanine, A. M., Santos, E. M., Parente H. N., Ferreira D. J. y Cecon, P. R. 2007. Hábito de pastejo de vacas HolandesX ZEBU em pastagens de *Brachiaria Brizantha* e *Brachiaria decumbens*. Arq. Bras. Med. Vet. Zoot. 59(1):175-181.

DANIEL RODRÍGUEZ TENORIO

Médico Veterinario Zootecnista por la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia por la Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

Maestro en Ciencias en Producción Animal con Especialidad en Manejo de Pastizales por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

Doctor en Ciencias Agropecuarias con Especialidad en Manejo de Pastizales por la Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

LOS PASTIZALES Y LA SELECTIVIDAD DE LOS RUMIANTES



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Año 2024



LOS PASTIZALES Y LA SELECTIVIDAD DE LOS RUMIANTES

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Año 2024

