

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**APLICACIÓN DE LA GUÍA FOTOGRÁFICA DE HECES DE
VACAS LACTANTES ,COMO HERRAMIENTA PARA ESTIMAR
LA CALIDAD DE LA DIETA EN AGOSTADERO.**

POR :

MARCO ANTONIO COELLO CONSUEGRA

TESIS

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

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

OCTUBRE 2003

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**APLICACIÓN DE LA GUÍA FOTOGRÁFICA DE HECES DE
VACAS LACTANTES, COMO HERRAMIENTA PARA ESTIMAR
LA CALIDAD DE LA DIETA EN AGOSTADERO**

POR

MARCO ANTONIO COELLO CONSUEGRA

**QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA

Asesor principal:

M. Sc. Ricardo Nicolás Silva Cerrón

Asesor:

M. C. Laura E. Padilla Gonzáles

Asesor:

Dra. Iliana E. Hernández Javalera

Asesor:

M. C. Luis Pérez Romero

**M. C. Ramón García Castillo
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, OCTUBRE DE 2003.

AGRADECIMIENTOS

Al M. Sc. Ricardo N. Silva Cerrón, por su apoyo en la realización de la presente investigación, y también por transmitirme sus experiencias profesionales y sabios consejos como humano, con el único objetivo de ser mejor cada día de mi vida. Ing. Gracias.

M. C. Laura E. Padilla González, por su valioso apoyo en la revisión y colaboración de este trabajo.

Dra. Iliana E. Hernández Javalera, por sus apoyo en la revisión de este documento.

M. C. Luis Pérez Romero, por su apoyo en la revisión y aportaciones en el presente trabajo.

M. C. Miguel A. Bautista Hernández , por su apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

M. C. Cesar A. Reyes Hernández, por su colaboración en la realización de este trabajo.

Al Sr. Alfonso Ainslie M. Propietario del rancho “La Salada” y al Sr. José encargado del rancho y demás trabajadores, por su apoyo en la investigación de campo.

M. Sc. Doug Tolleson director del laboratorio GanLab de la Universidad de Texas A&M. Por colaboración en los análisis de las heces y sus comentarios sobre esta investigación.

A la Universidad de Texas A&M, por las facilidades otorgadas para realizar los análisis de las muestras fecales.

Al personal administrativo y académico del departamento de producción animal, en forma especial a Juanita, Lety y Maria del Socorro (†) por su amistad y confianza durante mi estancia en mi “alma mater”.

Al personal administrativo y académico del departamento de recursos naturales renovables, de manera especial a Jesús Cabrera, “el chino”, por su apoyo y amistad.

“El hombre nunca sabe de lo que es capaz hasta que lo intenta”

“Dickens, Charles”

DEDICATORIAS

A DIOS

A ti señor por engendrar en mí ser la virtud de creer en tu filosofía, por no desampararme en ningún momento de mi vida, por darme la fuerza y la valentía para salir adelante, por creer que todo es posible cuando se tiene la fe en ti y en uno mismo, y por tratar de hacer de mí un hombre de bien que busque la felicidad con lo se es y se tiene.

A mis padres

José Rubén Coello Coutiño
Ma. Candelaria Consuegra Pérez

A mis queridos viejos, por sus sacrificios, desvelos y consejos que guían mi caminar por la vida, por inculcar en mi persona el respeto, la humildad y honestidad, principios que han fortalecido nuestra familia y llenan de felicidad los momentos maravillosos de nuestras vidas, por todo el amor, confianza y fe en mí, y por muchas cosas más. Gracias.

DIOS LOS BENDIGA

A mis abuelos

José Rubén Consuegra Ruiz (†) , Matilde Coutiño (†) donde quiera que se encuentren, recuerden que en mi mente nunca dejaran de existir.

Lisandro Coello Pérez.

Margarita Pérez Pérez.

Por todo el amor, cariño , paciencia y sabios consejos que han brindado a todos sus nietos.

A mis hermanos

Matilde, Oscar, Joel, José Luis, Baltasar

A ellos, por todo su apoyo incondicional en todo momento, por saber que el amor de hermanos es mutuo y que nos une en los momentos difíciles y felices que tiene la vida. Gracias por ser un aliciente para culminar mis sueños en realidad y motivar mi espíritu de lucha, y enseñarme que la grandeza de nuestra familia es y lo será por siempre, la unión.

A mis cuñados

Gil

Lety

Por formar parte importante de esta familia, por su comprensión, apoyo incondicional, por ser un ejemplo de personas a seguir en la vida.

A mis sobrinos

Edgar, Ma. Magdalena(†), Azucena, Andrés, Joel y Rocío

Por su amor y cariño

A mis tíos, tías, primos y primas, a los que ya se fueron donde quiera que se esté dios los bendiga y a los que aun puedo disfrutar de su alegría, gracias por brindarme su cariño.

A mis amigos de infancia: **Julián (Mundo), Blas (Sindi), Augusto(Papuja), Carlos(Cachuda), Orlando(Tía), Heber(Seco), Jacob (Covidrio) ,Erick(Pira), Romeo(Memela)**, gracias por compartir gratas experiencias que llenan de felicidad nuestras vidas y por estar conmigo en las buenas y en las malas.

A todos mis amigos del "alma mater" **Roni A. Utrilla C., Antelmo Coello P., Luis A. Cañaverall L. , Leonides E. G. , Tito Rojas, Sinar A. Velásquez M., Sonia Gómez Gómez ,Anadelia Medina, Martín Ávila Colomo, Jesús A. Zaleta F., Alfredo Morales M. Edgar Echevarria C., Guadalupe Martínez L., Mauricio Ramos A., Jorge E. Padilla G. , Jorge Martínez L., Daniel Vázquez S.,Jorge L. Méndez V., Cesar O. Medina R.** Gracias por compartir conmigo una etapa importante de nuestra vida, espero verlos algún día convertidos en personas de bien y sobre todo saber que son felices.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Págin
	a
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE GRIFURAS.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Sistema de espectroscopía de reflexión infrarroja (NIRS) una herramienta para predecir el valor nutritivo del forraje.....	4
2.2 Colección y análisis de las heces.....	9
2.3 Utilización del NIRS.....	11
2.4 Cambios en la calidad nutricional de la dieta.....	14
2.4.1 Partes de las plantas.....	14
2.4.2 Edad de las plantas.....	15
2.4.3 Grupo de plantas y estación del año.....	16
2.4.4 Sitios del suelo/pastizal.....	17
2.4.5 Carga animal.....	18
2.4.6 Compuestos antinutricionales.....	18
2.4.7 Especie de ganado doméstico y fauna silvestre.....	19

2.5 Importancia de la proteína y digestibilidad de la materia orgánica.....	21
2.6 Aspectos relacionados con las heces	23
2.6.1 Frecuencia de excretas.....	23
2.6.2 Tamaño de excretas.....	24
2.6.3 Área impactada por las excretas.....	24
2.6.4 Distribución de las excretas.....	24
2.7 Guía fotográfica, una herramienta para estimar la calidad del forraje, mediante la observación visual de las características físicas (color, textura y forma) que presentan las heces.....	25
2.7.1 Guía fotográfica de heces para determinar la calidad del forraje.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Área de estudio.....	28
3.1.1. Localización geográfica.....	28
3.1.2. Clima.....	28
3.1.2.1. Condiciones climáticas del período de investigación.....	29
3.1.3. Suelo.....	29
3.1.4. Vegetación.....	30
3.1.5. Características del rancho utilizado.....	31
3.1.6. Características del sistema de producción.....	31

3.2. Materiales.....	32
3.2.1. Caracterización de los animales utilizados.....	32
3.3. Metodología.....	32
3.3.1. Colección y fotografías de heces.....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1. Valor nutritivo del forraje.....	35
Guía fotográfica de heces para estimar la calidad	
de forraje.....	36
Guía fotográfica de heces para determinar la calidad del	
forraje elaborada por Lyons et al,(2000).....	37
Comparación de los resultados obtenidos de las	
características físicas de las heces contra los resultados	
de Lyons et al, (2000).....	39
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. LITERATURA CITADA.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 2.1. Proteína cruda y materia orgánica digestible de muestras de toretes fistulados y de heces fecales a través de Química Húmeda y NIRS.....	8
Cuadro 2.2. Contenido de proteína y digestibilidad en forrajes nativos e introducidos de crecimiento de verano e invierno (Houston y Pinchack, 1991).....	17
Cuadro 3.1. Temperatura media en °C y precipitación media en milímetros que se registraron durante el año 2002.....	29
Cuadro 3.2. Plantas forrajeras que consumen los animales en el rancho La Salada.....	34
Cuadro 4.1. Resultados de PC y MOD a través del NIRS de los muestreos realizados.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 2.1. Pruebas de laboratorio Químico Húmeda contra NIRS en plantas C ⁴ para proteína cruda.....	9
Figura 2.2. Pruebas de laboratorio Química Húmeda contra NIRS en plantas C ⁴ , para materia orgánica digestible.....	10
Figura 2.3. Calidad de la dieta de pastizales de Garfield Co. MT, USA.....	10

I . – INTRODUCCIÓN.

La productividad ganadera del norte de México se basa en el pastoreo en pastizales áridos.(García et al., 1998). En ellos , existe una gran diversidad de plantas que el ganado selecciona para su consumo. Dentro de este grupo de plantas el ganado es capaz de consumir gramíneas, herbáceas y arbustivas. Lo que puede ocasionar diferentes cualidades nutritivas y variabilidad durante el año. Esto afecta negativa o positivamente la productividad y rentabilidad del rancho. Por lo tanto, el manejo nutricional del ganado debe estar basado en la cantidad y calidad del forraje, así como en la condición corporal de los animales (Lyons et al.,2000).

Existen factores que hacen difícil evaluar la calidad del forraje que los animales consumen en el agostadero ya que: La calidad del forraje cambia durante la época del año, los animales seleccionan diferentes especies de plantas y partes de ellas, las condiciones ambientales y el manejo del pastoreo. (Holecheck et al.,1982).

Actualmente existe una herramienta, la espectroscopia de reflexión infra– roja (NIRS, por sus siglas en ingles). Esta herramienta es utilizada para predicción de valores de proteína cruda (PC) y materia orgánica digestible (MOD), ya que puede detectar a nivel fecal productos colaterales a la digestión y también relacionarlos con la PC y MOD (Holechek et al.,1982; Stuth et al.,1989), a través del análisis de heces fecales (Stuth,1998). El NIRS es una herramienta simple que permite una predicción rápida de la calidad nutritiva del forraje (Holechek et al.,1982; Lyons y Stuth,1992).

Steffen (2001), Dale y Jolley, (2001) y Gardner y Neel (2000), consultores del departamento de agricultura de U.S.A. en los estados de California, Dakota y Louisiana, mencionan que los productores que utilizan el NIRS han aumentado la rentabilidad económica en un 64 por ciento.

Eilers (2002), señala que una investigación hecha entre productores donde se pretendió evaluar el impacto económico de la técnica del NIRS para la predicción del valor nutritivo del forraje a partir de las heces, respondieron que redujo el costo de la suplementación, aumento en la tasa de concepción e incremento en el peso al destete.

En la actualidad el NIRS es utilizado en forma cotidiana por los productores de 42 estados de Estados Unidos , mientras que en el extranjero se han establecido laboratorios en Australia y cinco países de África.

Conjuntamente con el NIRS se desarrolla otra herramienta que podría ser de gran ayuda en la determinación de la calidad nutritiva del forraje, un guía fotográfico de heces, esta herramienta se basa en la observación visual del aspecto que presentan las heces. Respecto a esta técnica, puede decirse que el 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 (Lyons et al.,2000).

Considerando los antecedentes mencionados, se plantea el siguiente objetivo en la presente investigación:

Aplicar la guía fotográfica de heces de vacas lactantes, para que sirva como una herramienta que permita ayudar a estimar la calidad nutricional de la dieta bajo condiciones de pastoreo, basándose en sus características físicas (color, textura y forma), en el norte de México.

El objetivo anterior es manejado bajo la siguiente hipótesis:

El aspecto de las características físicas de las heces (color, textura y forma) podrán ser una herramienta que permita estimar la calidad nutritiva de la dieta de bovinos de carne (vacas lactantes) en pastoreo.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Sistema de Espectroscopia de Reflexión Infrarroja (NIRS) una Herramienta para Predecir el Valor Nutritivo del Forraje

Hasta hace poco tiempo (años 90's), los ganaderos habían visto limitada su capacidad para evaluar el estado nutricional de los herbívoros que pastan bajo condiciones de praderas naturales en una forma lo suficientemente cuantitativa, de manera que les condujera a un manejo más preciso de la nutrición en dichos animales, ya que existían pocas metodologías prácticas disponibles que evaluaran de manera precisa la calidad de la dieta de animales que pastan en agostaderos (Lyons *et al.*, 1992).

Actualmente no existe método que permita de manera fácil y precisa determinar el valor nutritivo de la dieta que consumen los animales en pastoreo y estabulados. Sin embargo recientes trabajos de investigadores de la Universidad de Texas A&M, han desarrollado una técnica la cual hace uso del sistema de espectroscopia de reflexión Infrarroja NIRS (por sus siglas en Ingles) en los agostaderos para predecir la calidad de la dieta que consumen los animales a partir de las heces (Holecheck *et al.*, 1982; Stuth *et al.*, 1989). En lo anterior coinciden Brooks *et al.*, (1984) y Coleman *et al.*, (1989) y añaden que está técnica tiene un potencial para ser una herramienta útil en la investigación y en las explotaciones comerciales.

NIRS se basa en la intensidad de reflectancia que es controlada por varios cientos de longitudes de onda en la banda infrarroja. La reflectancia es influenciada por un numero y tipo de enlaces químicos en las heces. La

longitudes de onda primarias en las ecuaciones de predicción parecen estar asociadas con la fibra y fracciones microbiales de las heces.

Los resultados de las investigaciones que se han hecho con el fin de obtener ecuaciones de predicción más precisas y confiables de proteína cruda y materia orgánica digestible del ganado en libre pastoreo, tuvieron su inicio en el año de 1988. A lo largo de esos años los investigadores trabajaron con 850 pares de dietas y heces con valores conocidos de proteína cruda y materia orgánica digestible. El laboratorio de Nutrición de Animales bajo Pastoreo de la universidad de Texas A&M, cuenta con una base de datos georreferenciados de valores de proteína y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica para ganado de carne, ovinos, caprinos y venado cola blanca, clasificados por rancho. Los ranchos localizados en la región Sur de Texas, definida como matorrales subtropicales, fueron identificados y se separó la información para realizar un análisis estadístico. Se calcularon los valores promedio de PC y MOD y sus desviaciones estándar para el periodo comprendido entre 1994 y 1997 (Stuth,1998).

Lyons y Stuth (1992), desarrollaron ecuaciones de predicción de la calidad dieta del ganado en el agostadero, en dicho estudio se utilizaron vacas lactantes y vacas secas, de estos dos grupos se fistularon 4 de cada uno de los grupos. De estas vacas fistuladas se extrajeron muestras y fueron analizadas, también se muestrearon las dietas que consumían los dos grupos y se analizaron con los análisis convencionales de laboratorio (química húmeda), para determinar los valores de proteína y materia orgánica digestible.

Después de obtener los análisis anteriores procedieron a determinar los errores estándar de la calibración y validación, entre estos dos se conforma el error estándar de laboratorio. Luego se procede a la determinación de los

coeficientes de determinación de MOD y PC, y así se obtienen las ecuaciones para la determinación de ecuaciones de estandarización.

Lyons y Stuth (1992), fundamentan el trabajo anterior en:

- Los índices de nitrógeno fecal son utilizados para la estimación de la dieta consumida por el animal, digestibilidad y contenido de proteína.
- Las heces son representativas de la calidad de la dieta que consumen los animales.
- La composición de las heces del rumiante está relacionada teóricamente con los constituyentes de la dieta que consume el animal. La materia seca de las heces ésta constituida de materiales indigeribles de la dieta (lignina, hemicelulosa, celulosa, parénquima, cutícula y tejido bascular), paredes celulares de las bacterias del rumen y paredes celulares del tracto digestivo, residuos de sustancias endógenas (enzimas digestivas, mucosa, etc) y células epiteliales.
- La secreción de nitrógeno bacterial esta relacionado con la cantidad de energía fermentable en el animal.
- Las paredes celulares indigeribles de las bacterias del rumen más las células de fermentación de la parte final del tracto gastrointestinal son las fuentes de la materia fecal microbial.

- Alrededor del 86 por ciento del nitrógeno fecal presente en la materia seca de las heces es de origen bacterial y endógeno, de este el 74 por ciento es de origen bacterial y de 10 a 15 por ciento es de origen endógeno (no bacterial).

- No existe evidencia potencial de proteína digestible del alimento en las heces ya que los residuos de proteína de la dieta están presentes en las heces como queratina o ligados a la lignina.

- La evaluación final de la ecuación del NIRS envuelve la exploración, selección y determinación de la longitud de onda hasta que ésta longitud de onda tenga una relación química con las variables medidas.

Lyons, *et al.*, (1995) validan ecuaciones para la predicción de MOD y PC a partir del análisis de las heces del ganado utilizando el sistema NIRS.

Lyons, *et al.*, (1995) realizaron una investigación para validar estas ecuaciones, utilizando muestras de dietas en toretes fistulados esofágicamente y muestras de heces de toretes, los dos grupos consumieron la misma dieta, las muestras obtenidas vía fístula fueron analizadas químicamente en base húmeda y las heces fecales a través de NIRS, en donde encontraron valores de PC y MOD similares para los dos grupos, lo cual se describe mejor en el Cuadro 2.1.

Tolleson (2001), analizó muestras a través de NIRS y laboratorio encontrando resultados similares a lo reportado por Lyons *et al.* (1995) (Figuras 2.1 y 2.2).

Tolleson (2001), reporta que utilizando la técnica NIRS, el comportamiento de los pastizales de Garfiel Co. MT. USA, en cuanto a PC y MOD se mantuvieron constante durante el periodo de 1995 a 2000 (Figura 2.3).

Cuadro 2.1. Proteína cruda y materia orgánica digestibles de muestras de toretes fistulados y de heces fecales a través de química húmeda y NIRS.

Muestreo	PROTEÍNA CRUDA (%)		MATERIA ORGÁNICA DIGESTIBLE (%)	
	Química Húmeda	NIRS	Química Húmeda	NIRS
Ago.1990	8.6	9.6	57.4	59.9
Sep.1990	7.6	8.1	58.1	59.6
Dic.1990	5.9	5.3	57.3	54.9
Feb.1991	5.4	6.3	50.4	53.8
Mar.1991	27.1	27.3	74.1	77.0
Abr.1991	14.4	12.7	63.9	60.2
Jul.1991	11.5	9.5	57.0	59.4

Fuente: Lyons, *et al.* 1995.

2.2 Colección y análisis de las heces

Lyons y Stuth (1991), mencionan que la colección se inicia con la localización de 5 a 10 heces, las cuales deben estar libres de insectos, tierra, piedras, escombros y agua de lluvia. Posteriormente se remueve la corteza superior de las heces fecales y se recolecta con una cucharita una cantidad de unos 50 gramos de heces introduciéndolas en bolsas ziploc y se mezclan. Se etiqueta cada bolsa con un marcador, anotando el respectivo nombre o numero de potrero, fecha de colección y cualquier otro tipo de información pertinente para identificar la muestra. Por ultimo se coloca la muestra dentro de una caja de polietileno con suficiente hielo que permita su conservación para su posterior envío al Laboratorio de Nutrición Animal (GAN LAB) de la universidad de Texas A&M.

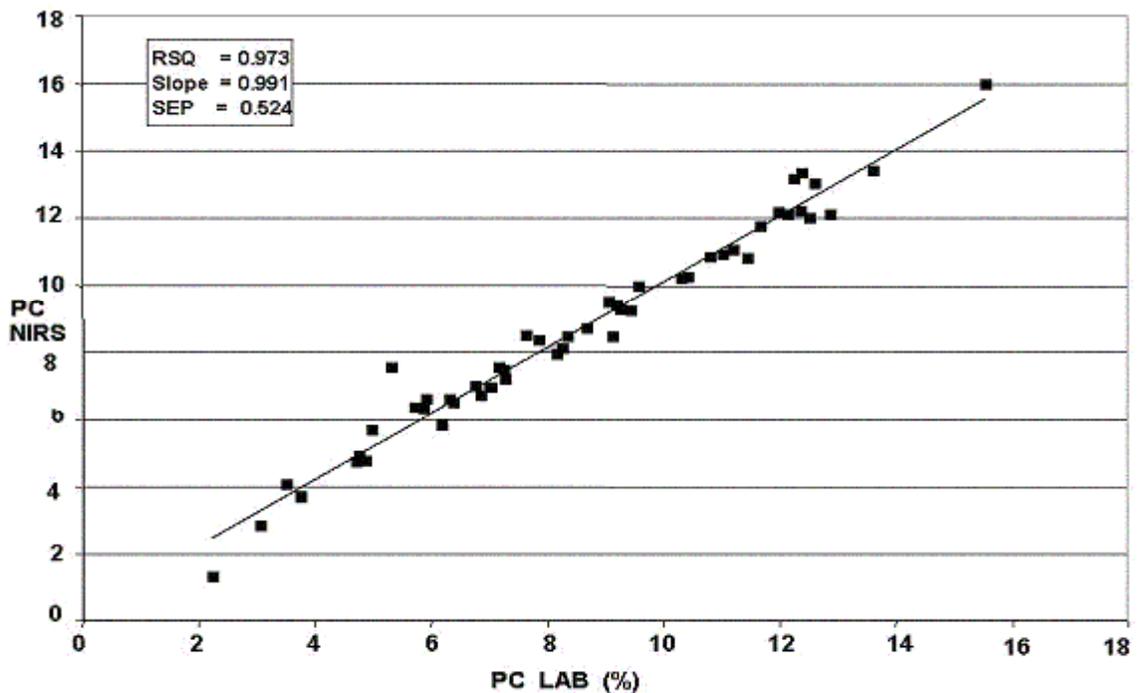


Figura 2.1. Pruebas de laboratorio Química Húmeda contra NIRS en Plantas C⁴ para proteína Cruda.

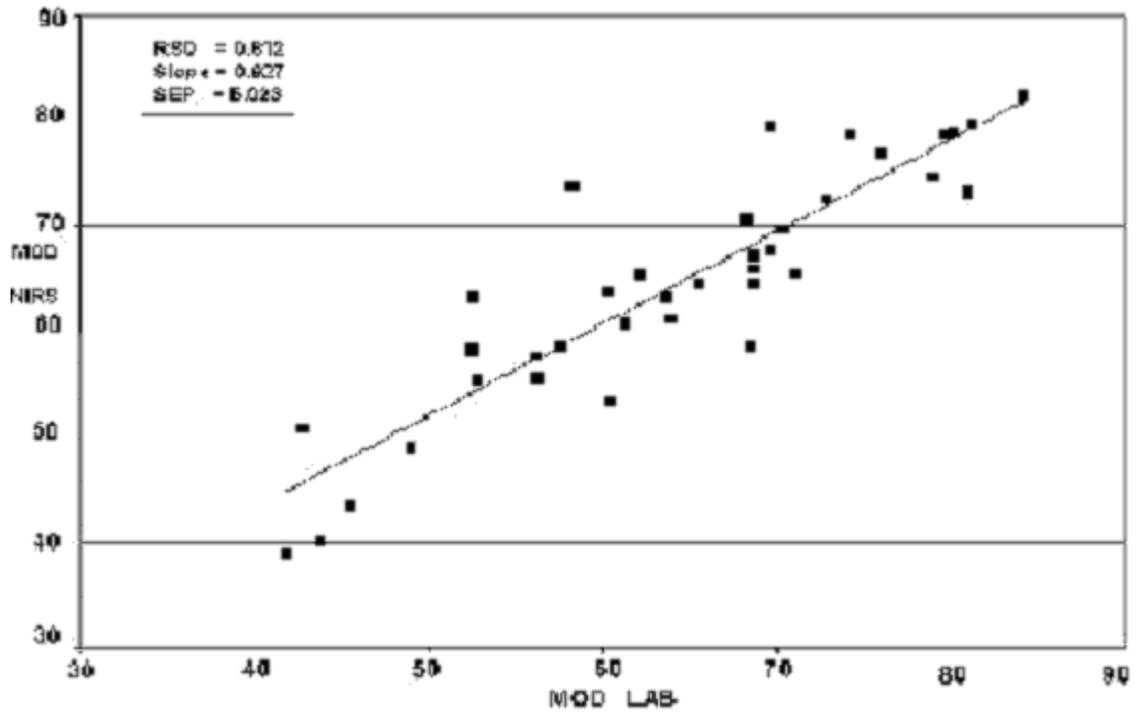


Figura 2.2. Pruebas de laboratorio Química Húmeda contra NIRS en plantas C⁴, para materia orgánica digestible.

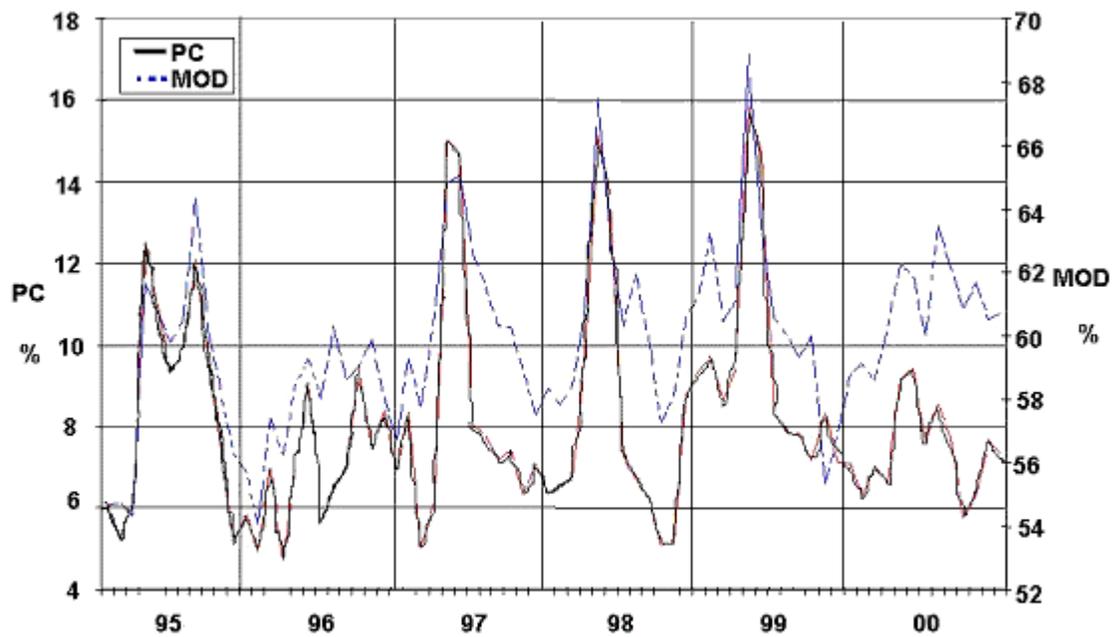


Figura 2.3. Calidad de la dieta de pastizales de Garfield Co. MT, USA.

Lyons y Stuth (1991), mencionan que el procedimiento del análisis de las heces es secar en una estufa a 60 °c durante 48 horas para poner a peso constante, posteriormente se toman muestras de estas heces que se introducen al NIRS, el cual previamente se debió haber sido calibrado con las ecuaciones de PC y MOD colectadas en periodos anteriores. El NIRS contiene un microcomputador con un escáner el cual toma las lecturas de las heces después de que se les refleja un haz de luz infra-roja y anota la longitud de onda (la intensidad de reflectancia es controlada por varios cientos de longitudes de onda en la banda infrarroja). La reflectancia esta influenciada por un número y tipo de enlaces químicos en la heces. Las longitudes de onda primarias en la ecuaciones de predicción parecen ser asociadas con la fibra y fracciones microbiales de las heces. La ultima fase consiste en mandar la información a una computadora donde se almacena la información para su posterior análisis y uso (Lyons *et al.*, 1993).

2.3. Utilización del NIRS

Este sistema se a utilizado para la predicción del valor nutritivo en la industria alimenticia humana y a finales de la década de los setentas se comenzó a explorar la posibilidad de utilizar este sistema en los forrajes (Abrams *et al.*, 1987; Holechek *et al.*, 1982; Norris *et al.*, 1976; Shenk *et al.*, 1979 y Ward *et al.*, 1982).

Eilers (2002), reporta los resultados de una investigación donde se pretendió evaluar el impacto económico de la técnica del NIRS para la predicción del valor nutritivo del forraje a partir de las heces, se encontró que el 15 por ciento respondieron que redujo el costo de suplementación, aumento en tasa de concepción, incremento en el peso al destete.

Hunnicut (2000), reporta un estudio donde el interés de éste era evaluar la calidad de la dieta a partir de las heces por un periodo de dos años y la utilización de la información del NIRS para establecer un programa de suplementación, para este estudio se utilizaron dos grupos de ganado lactantes en invierno y lactantes en primavera (10 animales por grupo), las heces eran colectadas cada 15 días y enviadas al laboratorio de la universidad de Texas A&M, para que determinaran la proteína y digestibilidad de la materia orgánica. Los resultados que reporta son que la proteína alcanzo niveles que no esperaban encontrar menos del 6 por ciento en los meses de Agosto, Septiembre y Enero, para los meses posteriores alcanzo niveles de hasta un 12 por ciento (Abril), para la digestibilidad de la materia orgánica del forraje los niveles más bajos se reportaron en el mes de Enero con 55 por ciento de digestibilidad y los niveles mas altos se reportan en Marzo (63 por ciento) para los dos grupos de animales. Los cambios en condición corporal no causaron diferencia significativa para ninguno de los dos grupos, y las diferencias que se presentaron fueron en las épocas de lactancia de cada grupo primavera o invierno. Concluyendo que las predicciones obtenidas le permiten tomar decisiones de suplementar proteína o energía dependiendo del nutriente deficiente.

Pearce *et al.*, (1993) reportan que hay efectos mínimos en la predicción de los niveles de proteína cruda y materia orgánica digestible de borregas a través del análisis de heces por medio del NIRS.

Walker *et al.*, (1998) describen los resultados de un estudio con replicación donde se utilizo la evaluación de las heces a través del NIRS para la determinación del porcentaje de euforbio frondoso (*Euphorbia esula L.*) en la dieta de borregos y cabras. En 1992 se utilizaron 20 borregos y 20 cabras se alimentaron con dietas a diferentes niveles de euforbio frondoso y en 1994 se utilizaron 10 borregos y 10 cabras en este estudio se les proporciono 0.5 por

ciento del peso corporal de alfalfa (*Medicago sativa L.*) y posteriormente se les proporciono paja de euforbio frondoso *ad libitum*. En la prueba de 1992 se realizo un análisis microhistológico en muestras de material fecal para comparar las predicciones del NIRS. Las ecuaciones de calibración fueron hechas tanto para borregos como para cabras. Los resultados del estudio de 1994 se analizaron para determinar el tiempo de rezago entre el consumo y la aparición de las características de las heces. Concluyendo que la utilización del NIRS para evaluar la materia fecal es igual que utilizar la técnica de microhistología para estudiar la composición botánica de las dietas de borregos y cabras en pastoreo.

Norris *et al.*, (1976) señalan que el utilizar el NIRS para evaluar la calidad de los forrajes es una técnica que tiene potencial para la evaluación rápida y exacta de los forrajes.

Holechek *et al.*, (1982) y Roberts *et al.*, (1987) reportan los resultados de un estudio donde se comparo el uso del NIRS y la fístula esofágica encontrando que las estimaciones de PC y MOD que proporciona el NIRS son confiables y utilizables para la toma de decisiones de manejo en los agostaderos.

Dale y Jolley, (2001) consultores del USDA (por sus siglas en ingles) del estado de California en U.S.A. señalan que la utilización del NIRS para la predicción del valor nutritivo del forraje es una herramienta que les ayuda a los ganaderos a mejorar los índices productivos de su ganado. Gardner y Neel (2000), concuerdan con lo anterior y añaden que también esta técnica es utilizada por USDA del estado de Louisiana para evaluar la calidad de la dieta que consume la fauna silvestre.

Bautista (2002), menciona que en México el grupo LALA fue el primero en utilizar este sistema para la valoración nutricional de sus productos y de las materias primas que utiliza para la elaboración de alimentos.

2.4 Cambios en la calidad nutricional de la dieta

Lyons et al.,(2000) mencionan que 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.

2.4.1 Partes de las Plantas

Las células de las plantas se dividen en dos partes conocidas como contenido celular y 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. 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 (Lyons et al.,2000).

2.4.2 Edad de las Plantas

Lyons *et al.*,(2000) mencionan que 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 (lavado) por lluvia y nieve durante la dormancia.

Gutiérrez *et al.*,(1995) mencionan que cuando el pasto se encuentra ,maduro y seco , el contenido de Proteína y Fósforo se reducen de 70 a un 60 por ciento y los carotenos (precursores de la vitamina A) desaparecen totalmente. Lo anterior ocasiona una disminución marcada en el consumo voluntario de materia seca por parte del animal.

García y López (1995) señalan que cuando el pasto esta maduro y seco, los nutrientes que con mayor frecuencia se presentan deficientes en la dieta de los animales en pastoreo en orden de importancia son : Proteína, Fósforo, Vitamina A y Energía.

DelCurto *et al.*, (2000) coinciden en que los nutrientes limitantes cuando el pasto se encuentra maduro y seco son Proteína, Fósforo, Vitaminas y Minerales.

2.4.3 Grupo de Plantas y Estación del Año

Huston *et al.*, (1981) reportan que considerando el análisis de plantas completas durante la estación de crecimiento activo de las mismas, las herbáceas presentan un mayor contenido celular, en segundo lugar las arbustivas y por último los zacates .

Lyons *et al.*, (2000) señalan que 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 Pinchack (1991) mencionan que también durante el invierno, 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 (cuadro 2.2).

Head *et al.*, (2001), mencionan que los niveles de proteína mas bajos en el forraje se presentan en la época de invierno y los mas altos en primavera.

Huston *et al.*, (1993) mencionan que a consecuencia de la variación en el valor nutritivo del forraje consumido por los animales existe una alteración en la calidad de la dieta dependiendo de la estación del año, si bien, normalmente en la época de crecimiento del pasto éste satisface los requerimientos nutricionales de los animales en lo que respecta a proteína y energía, en las estaciones de otoño e invierno los nutrientes proporcionados por el forraje disponible son insuficientes en las regiones áridas y semiáridas.

Cuadro 2.2. Contenido de proteína y digestibilidad en forrajes nativos e introducidos de crecimiento de verano e invierno (Huston y Pinchack 1991)

Forraje	Tipo	Periodo de crecimiento	Forma	Proteína cruda (%)	Digestibilidad (%)
Pasto	Nativo	Verano	Anual	—	50 - 53
			Perenne	2 - 15	20 - 65
		Invierno	Anual	2 - 25	60 - 95
			Perenne	2 - 25	42 - 94
	Introducido	Verano	Anual	4 - 18	46 - 69
			Perenne	2 - 25	36 - 68
		Invierno	Anual	3 - 30	50 - 91
			Perenne	5 - 30	30 - 76
Herbáceas		Verano/invierno	A/P	4 - 32	42 - 91
Arbusto		Verano/invierno	Perenne	4 - 32	14 - 74

A/P: Anual / Perenne

2.4.4 Sitios del Suelo/Pastizal

Launchbaugh *et al.*, (1990) señalan que los sitios del pastizal (conocidos actualmente como sitios ecológicos), tienen influencia sobre la calidad del forraje. Debido a que el forraje verde está en crecimiento activo, deberá

presentar más contenido celular y, por lo tanto, mayor calidad nutritiva. 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.

2.4.5 Carga Animal

La carga animal (CA) se puede definir como el número de unidades animal (UA) que pastorean una superficie conocida a lo largo del año y comúnmente se expresa como hectáreas por unidad animal por año (ha/ua/año) (González y Meléndez 1980, González et al.,2000)

McCollum, (1993) señala que el efecto de la carga animal sobre la calidad nutricional del forraje depende del historial del pastoreo. El incremento de la carga en el corto plazo en un pastizal previamente pastoreado de manera ligera o moderada, puede resultar en una menor calidad de forraje, debido a que los animales son forzados a consumir forraje viejo o muerto.

Ortega y González, (2000), mencionan que el sobre pastoreo conduce a la disminución en la producción de forraje y por ende en los índices productivos del ganado que pastorea esos agostaderos.

2.4.6 Compuestos Antinutricionales

Lyons *et al.*,(2000) señalan que en los estados iniciales de la fotosíntesis, en las plantas se producen varios compuestos químicos. 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.

Lyons *et al.*,(2000) mencionan que 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.

Otro ejemplo del impacto de los compuestos secundarios son plantas juniperáceas, como el cedro o tásate. 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 (*Huston et al.* ,1994).

Lyons *et al.*,(2000) señalan que la concentración y contenido específico de estos aceites volátiles, difiere con la edad, sexo y especie de plantas. Las plantas jóvenes tienen menor concentración y tienen mayor gustosidad.

2.4.7 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 (Lyons *et al.* , 1996).

Se menciona que 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). Estos patrones están asociados a diferencias anatómicas de los animales.

Así mismo se señala que los rumiantes que consumen principalmente zacate, tiene una dieta mas 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.

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. En resumen, los ramoneadores tienden a tener una mayor velocidad de paso de los alimentos por el rumen. (Lyons *et al.*,2000)

Bovinos, cabras y borregos 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. En contraste, las cabras tuvieron una menor retención del alimento en el tracto digestivo y una correspondiente menor digestibilidad (36-52%). En otro ejemplo, el tiempo estimado de retención en caballos fue de 8.5 horas y digestibilidad del 55%, comparado con el 61% en bovinos(Johnson *et al.*,1982)

2.5 Importancia de la Proteína y digestibilidad de la materia orgánica

El ganado necesita proteína para el crecimiento, sostenimiento y producción. La cantidad necesaria depende, del tamaño del animal y del rendimiento y composición del producto. Los forrajes son una fuente importante de proteína. Las leguminosas suelen ser mas ricas en proteína que las gramíneas, especialmente en las fases mas avanzadas de la maduración. Sin embargo, tanto en las leguminosas como las gramíneas, la proteína es mas digestible cuando se encuentra en las primeras fases del crecimiento que cuando han madurado completamente (Hughes *et al.*, 1976).

El nutriente mas limitante en raciones exclusivamente con forrajes es la proteína. Debido a que la proteína es requerida por los microorganismos ruminales, así como los tejidos del animal, una deficiencia de proteína puede reducir severamente el desempeño del animal. Como regla general, las dietas para el ganado compuestas principalmente por forraje, deberán contener por lo menos un 8 por ciento de proteína cruda para promover una adecuada fermentación ruminal por medio de los microorganismos del rumen (Neumann y Lusby, 1986).

Entre los nutrientes que el animal requiere para satisfacer los requerimientos de las diferentes funciones fisiológicas, se pueden mencionar la proteína, energía, minerales y vitaminas. Los nutrientes son requeridos en diferentes cantidades dependiendo de la especie animal y estado fisiológico (López y García, 2000).

La proteína es considerada en la mayoría de las dietas a base de forraje, como el nutriente limitante. Se considera el segundo nutriente en cuanto a cantidad requerida por el animal, solo después de la energía. La proteína es el

segundo nutriente más demandado para la reproducción y lactación, también es el principal constituyente del músculo, pelo, piel y otros tejidos de los animales (García y López, 1995).

La proteína juega un rol importante durante la lactación ya que afecta tanto a la cantidad como la calidad de leche producida y por lo tanto el comportamiento de sus crías. Es el primer nutriente limitante (para el crecimiento, lactación y reproducción) en la mayoría de las dietas basadas en forraje (Selk y Lusby, 1990).

La proteína también se considera el segundo nutriente en cuanto a cantidad requerida y es indispensable para mantener una flora ruminal abundante. El primer y más común síntoma de deficiencia de proteína es una reducción en el apetito, lo cual se refleja en una disminución en el consumo de forraje y por lo tanto de energía. Para corregir estas deficiencias, primero hay que suplementar proteína ya que incrementa el consumo y digestibilidad del forraje. Una deficiencia de proteína se refleja en las heces de los animales, las cuales son secas y compactas. Las proteínas y los minerales se almacenan en muy pequeñas cantidades en el cuerpo del animal por lo tanto, los requerimientos deben ser consumidos diariamente durante todo el tiempo (García y López, 1998).

Lyons *et al.* (S/F), mencionan que niveles de proteína cruda del forraje menores del 6 a 8 por ciento generalmente reducen el consumo. Esta reducción parece estar asociada al decremento de la actividad microbiana del rumen, lo que reduce la digestibilidad y aumenta el tiempo que el forraje permanece en el rumen.

Zea y Días, (2000) señalan que dentro de los factores mas importantes que limitan el consumo voluntario de forrajes son la capacidad del rumen y la rapidez con que el contenido digestivo lo abandona (tasa de paso del alimento). Consecuentemente, la velocidad de digestión determina lo que un animal puede comer. Para ganado de carne la digestibilidad es el factor que mas influye en el consumo voluntario de forraje, de modo que la relación entre digestibilidad y consumo es lineal hasta que el valor de la digestibilidad alcanza valores del 80 por ciento.

Beaty *et al.*, (1994) señala que la digestibilidad de la materia seca se incrementa cuando se proporciona un suplemento proteico. Esto se debe a que la proteína aumenta la disponibilidad de amoniaco (NH_3) ya que el Nitrógeno de la proteína promueve la fermentación ruminal a consecuencia de que ya no existe una deficiencia de NH_3 para que los microorganismos actúen sobre los forrajes.

2.6 Aspectos Relacionados con las Heces

2.6.1 Frecuencia de Excretas

La frecuencia de heces es de cuatro a nueve veces al día (Gutiérrez,1986); 11 – 16 defecaciones (Haynes y Williams,1991); una a seis defecaciones (González,1997). Mientras que la frecuencia de deposición de orina es de uno a uno punto cinco (Gutiérrez,1986) ; 8 – 12 veces (Haynes y Williams,1993).

Omaliiko (1981), menciona que en época seca, la frecuencia de deposición de heces es de 6.8 por día de apacentamiento y en época de

humedad de 11.4 defecaciones por día de apacentamiento. Por su parte, MacDiamid y Watkin (1972), mencionan 13.4, 11.4 y 16.8 deposiciones /vaca/ día para la época de invierno, primavera, verano.

2.6.2 Tamaño de Excretas

El peso promedio por defecación es de aproximadamente 1.5 – 2.7 kg/día (Haynes y Williams,1992). Sin embargo, la época afecta el tamaño, ya que Omaliko (1981), menciona un peso de 160.3 g/deposición y 189.5 g/deposición para la época seca y húmeda, respectivamente. Mientras que el volumen de la orina es de 1.6 – 2.2 litros/día (Haynes y Williams,1992). El volumen de orina encontrada esta fuertemente correlacionada con la cantidad de agua consumida.

2.6.3 Área Impactada por las excretas

El área impactada por una deposición de heces de bovino varia de 0.05 – 0.09 m² , y de 112.98 – 235.22 cm² para época seca y húmeda, (Haynes y Williams,1992 , Omaliko 1981).

2.6.4 Distribución de excretas

La distribución de deposición de heces y orina ocurre en forma aleatoria dentro de los pastizales. Su distribución se ve influenciada por la infraestructura, carga animal y densidad de carga, periodo de apacentamiento y calidad del forraje, consumo de agua y aspectos climáticos, entre otros (Lange, 1970 , Peterson et al., 1956; Morton y Baird, 1990; Edwards y Holler, 1982; Omaliko, 1981; Savoir, 1988). En consecuencia, modifica el comportamiento forrajero de

los animales en apacentamiento (McNaughton,1990; Yiakoumettis y Holmes, 1972; Watkin y Clements, 1978; Jaramillo y Detling,1992; Coughenour,1981; Marsh y Camping,1970).

2.7 Guía fotográfico, una herramienta para estimar la calidad del forraje, mediante la observación visual de las características físicas (color, textura y forma) que presentan las heces

Estimar la calidad del forraje consumido por los animales en pastoreo es difícil. En primer lugar, la calidad del forraje cambia según la estación del año. En segundo lugar, en un medio ambiente de agostadero, el ganado puede escoger de entre numerosas especies de plantas y seleccionar partes específicas de una planta. Esta selectividad frecuentemente cambia la composición de la dieta y hace que sea difícil decir exactamente que es lo que están comiendo los animales.

El ganado en pastoreo come primordialmente zacate y hierbas (plantas de hoja ancha). El nuevo crecimiento de una planta, principalmente las hojas, contienen altos niveles de compuestos que son fácilmente digeridos, tales como proteínas, azúcares y lípidos. Ese nuevo crecimiento tiene muy poca fibra en forma de celulosa o complejos de celulosa y lignina. Por lo tanto, el excremento del ganado que resulta del consumo de forraje inmaduro de alta calidad tiende a caer al suelo en depósitos sin alguna forma particular. A medida que los zacates maduran, el contenido fibroso aumenta y la apariencia de las heces del ganado reflejan una dieta de mas baja calidad que es alta en fibra (Lyons, *et al.*,2000).

García y López (1989) , señalan que una deficiencia de proteína se refleja en las heces de los animales, las cuales son secas y compactas. Las

heces excretadas por los animales si son mas secas y compactas que húmedas y semisólidas, son indicadores de deficiencia de proteína.

Lyons *et al.*,(2000) mencionan que desde hace algún tiempo, se reconoció que existe una relación entre la calidad del forraje y la apariencia física de la heces del ganado en pastoreo.

Lyons *et al.*, (2000), realizaron una guía fotográfica para poder interpretar la relación que existe entre la calidad del forraje y la apariencia de las heces, concluyendo que el estiércol de bovino 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.

2.7.1 Guía Fotográfica De Heces Para Determinar La Calidad Del Forraje. (Lyons et al., 2000),



Estas heces indican que el forraje tiene una proteína cruda arriba de 20 % y su digestibilidad de alrededor de 70 y 80 %. El “pastel “ toma la forma de lo que hay debajo de él, con muy poca forma propia. Además , tiene un color verde oscuro. El forraje de alta calidad típicamente se asocia con los forrajes de temporada fresca (otoño e invierno), tales como los granos pequeños o el ryegrass. La disponibilidad de nutrientes (proteína y energía) exceden los requerimientos de mantenimiento, crecimiento o lactancia del ganado.



Este “pastel” indica que el forraje tiene un porcentaje de proteína cruda de entre 10 y \pm 17, y una digestibilidad de entre 61 y 67 %. Se aprecia una ligera apariencia tipo cráter en la superficie de esta muestra. En el rango de 10 a 13 % de proteína cruda pueden formarse pequeños dobleces. La suplementación, o el añadir proteína o energía a la dieta no es necesario para vacas adultas. El forraje que crea “pasteles como este tipo puede dar aumento de 0.4 a 0.65 kilogramos diarios promedio en vaquillas o novillos.



Este “pastel” indica que el forraje tiene un porcentaje de proteína cruda de entre 6 y 9 %. La digestibilidad anda entre el 58 y 63 %; puede haber una ligero traslape con la categoría de entre 10 y 17 %. En este nivel de calidad de forraje, el “pastel” muestra dobleces planos. A medida que aumenta la calidad del forraje en este rango, los dobleces se hacen mas pequeños. la calidad del forraje de esta muestra es adecuada para suplir las necesidades de mantenimiento para vacas adultas. En vaquillas de reemplazo se espera un crecimiento mínimo.



Este “pastel” indica que el forraje tiene un porcentaje de proteína cruda de 5 % o menos y una digestibilidad de 56 % o menor. Se pueden apreciar anillos bien formados , estos suelen ser firmes. Este tipo de excretas tiende a amontonarse, sin embargo, los montones sin los anillos firmes no son característicos de este nivel de calidad de forraje. En este caso este tipo de excremento nos indica que la calidad del forraje anda por debajo de los requerimientos de mantenimiento para todas las categorías de ganado bovino de carne. La digestibilidad de este tipo de forraje y su consumo puede incrementarse con la suplementación de proteína.

III. - MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

3.1.1. Localización geográfica

El estudio se realizó en el rancho **La Salada**, propiedad del Sr. Alfonso Ainslie M., localizado en el kilómetro 38 de la carretera Zaragoza-Ciudad Acuña en el municipio de Jiménez, Coahuila, México, con latitud Norte de 28° 44' 30'', longitud Oeste de 100° 55' 50'' y con una altura de 350 m.s.n.m.

3.1.2. Clima

Según la clasificación de Koeppen, modificada por García (1973), el clima predominante es el siguiente: BS_o hx' (e): clima seco, semicálido, extremoso, con invierno fresco, lluvias escasas todo el año, con precipitación invernal superior al 10 por ciento.

Donde :

BS_o = El más seco de los BS.

h = Semicálido con invierno fresco, temperatura media anual entre 12 y 18°C.

x' = Régimen de lluvias intermedio entre verano e invierno.

(e) = Extremoso, oscilación entre 7° y 14°C.

3.1.2.1. Condiciones climáticas del periodo de investigación

Las condiciones climáticas durante el periodo de investigación respecto a temperatura y precipitación se presentan en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Temperatura media en °C y precipitación media en milímetros que se registraron durante el año 2002.

Parámetro	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Temperaturas	15.4	10	19.8	27.1	29.2	32.6	31.4	32.9	29.2	24.7
Precipitaciones	1.0	1.0	1.0	79	2.0	6.5	60	14.5	22.0	186.0

Fuente: CNA, 2002. Gerencia Estatal en Coahuila. Estación climatológica de Zaragoza, Coah.

3.1.3. Suelo

Se pueden distinguir dos tipos de suelo en la región. Xerosol : Suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión. Rendzina : Tiene una capa superficial rica en materia orgánica que descansa sobre roca caliza y algún material rico en cal, es arcilloso y su susceptibilidad a la erosión es moderada.

En lo que respecta al uso del suelo, la mayor parte del territorio municipal es utilizado para la ganadería, siendo menor la extensión dedicada a la producción agrícola y el área urbana.

3.1.4. Vegetación

COTECOCA (1979), indica que la vegetación presente en esta región esta clasificada como matorral medio espinoso. Este tipo de vegetación está formado por un conjunto de arbustos medianos, de 1 a 2 metros de altura (cuando existen derramaderos con acumulación de humedad puede formarse un matorral alto con individuos hasta de 4 metros o más de altura) provistos de hojas o foliolos pequeños y espinas. Las especies que caracterizan esta comunidad vegetal son: chaparro prieto (*Acacia rigidula*), guajillo (*A. berlandieri*), mezquite (*Prosopis juliflora*), chaparro amargoso (*Castela texana*), guayacán (*Porlieria angustifolia*), cenizo (*Leucophyllum texanum*), huizache (*Acacia farnesiana*), zacate mezquite (*Hilaria belangeri*), nopal kakanapo (*Opuntia lindheimeri*), toboso (*Hilaria mutica*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), gatuño (*Acacia greggii*).

Las especies más deseables de este tipo de vegetación son: zacate rizado (*Panicum halli*), banderita (*Bouteloua curtipendula*), navajita (*B. Gracilis*), navajita velluda (*B. Hirsuta*), navajita roja (*B. Trífida*), tempranero (*Setaria macrostachya*), escobilla (*Leptoloma cognatum*), gigante (*Leptochloa dubia*), toboso (*Hilaria mutica*) y punta blanca (*Digitaria californica*).

Como especies menos deseables se consideran los zacates tridente (*Tridens muticus*), zacatón alcalino (*S. Airoides*), amor perennes (*Eragrostis spp.*), pata de gallo (*Chloris verticillata*), zacate galleta (*Hilaria jamesii*), zacate plumerillo (*Pappophorum mucronulatum*), punta blanca (*Andropogon*

saccharoides), popotillo plateado (*A. barbinodis*). Las arbustivas guajillo (*Acacia berlandieri*), chaparro prieto (*A. rigidula*), ramoncillo o engorda cabra (*Dalea tuberculata*), cósahui o ebanillo (*Calliandra eriphylla*) y nopal kakanapo (*Opuntia lindheimeri*)

3.1.5. Características del rancho utilizado

El rancho cuenta con un total de 5800 hectáreas, subdividido en 8 potreros. Donde se incluyen 132 vacas lactantes, 154 vacas gestantes, 16 sementales y 30 vaquillas de reemplazo. Presenta corrales para manejo, baño de inmersión, bascula, prensa, embarcadero, dentro de cada potrero, se localizan cinco bebederos y un promedio de dos saladeros por bebedero, al igual que cuenta con infraestructura para cacería deportiva, principalmente venado cola blanca y guajolote silvestre.

El área donde se desarrollo la investigación, comprende dos pastas del rancho, una de ellas es, “la Fragua” que tiene una superficie de 700 hectáreas donde se realizaron muestreos de Febrero y Marzo. La otra pasta es llamada “el Milagro”, la cual cuenta con una superficie de 400 hectáreas; donde se realizaron los muestreos de los meses de Octubre y Diciembre

3.1.6. Caracterización del sistema de producción

El rancho tiene como objetivo principal la cría de becerros para exportación y como segundo objetivo engordar las hembras para consumo en el mercado local, parte de las hembras son seleccionadas para reemplazos, para la obtención de las crías se realizan dos empadres por año con duración de tres meses cada uno. También tiene como objetivo la cacería cinegética.

3.2. Materiales

3.2.1. Caracterización de los animales utilizados

Se utilizaron 70 hembras multíparas con un mes de paridas en promedio, para la primera época de muestreo (Febrero y Marzo) y para la segunda época de muestreo (Octubre y Diciembre), se utilizaron 50 hembras con un mes de paridas, la raza de las vacas utilizadas se conforman de la siguiente manera: un medio de Simmental por un medio de (Charoláis, Hereford y Brahmán)

Para la recolección de las heces se utilizaron bolsas de plástico ziploc, una cuchara para recoger las heces, hieleras, refrigerador y hielo para mantener en conservación a las muestras de heces colectadas. También se utilizó una cámara fotográfica digital para la toma de fotografías de las heces.

3.3 Metodología

3.3.1 Colección y fotografías de heces

La colección de las heces se realizó durante los meses de Febrero, Marzo, Octubre y Diciembre del año 2002. Se realizó un muestreo por cada mes, durante los meses de Febrero y Marzo los muestreos se realizaron en la pasta “la “Fragua”, y en “el Milagro”, para los meses de Octubre y Diciembre.

Por cada muestreo se colectaban 10 muestras de heces fecales. Por lo tanto, al término de la investigación se contaba con 40 muestras. De las 10 muestras de cada muestreo se elaboró una muestra compuesta, por lo cual se enviaron 4 muestras compuestas representativas de cada mes para ser analizadas a través de NIRS en laboratorio de nutrición animal en pastoreo (GAN LAB) de la universidad de Texas A&M. El procedimiento de los análisis de las heces es de acuerdo a la técnica descrita por Lyons y Stuth, (1991).

La colección se iniciaba con la localización de 10 heces, las cuales deberían estar libres de insectos, tierra, piedras, escombros y agua de lluvia. Posteriormente con una cámara digital se tomaba una fotografía a cada una de las heces identificadas. Después de tomar la fotografía, con una cuchara chica se procedía a coleccionar aproximadamente 50 gramos por cada una de las heces, introduciéndolas en una bolsa de plástico ziploc, la cual estaba identificada con la fecha de colección, nombre de la pata, estado fisiológico del animal y número de muestra. Al término de cada muestreo se depositaban las muestras en un congelador para efecto de su conservación.

Después de obtener los resultados de PC y MOD a través de NIRS, se observaron todas las fotografías de cada muestreo, y se eligió la foto más representativa. Para esto se tomó como referencia lo reportado por Lyons *et al.* (2000)

Las plantas forrajeras que consumen comúnmente los animales en el rancho se presentan en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Plantas forrajeras que consumen los animales en el rancho La Salada.

Familia	Género	Especie	Nombre Común
Cactaceae	Opuntia	lindheimeri	Nopal Kakanapo
Fabaceae	Acacia	farnesiana	Huizache
	Dalea	bicolor	Engordacabra
	Eysenhardtia	texana	Vara dulce
	Leucaena	sp	Leucaena
Poaceae	Bothriochloa	laguroides	Z. popotillo plateado
	Bouteloua	curtipendula	Z. banderita
	Bouteloua	trifida	Z. navajita roja
	Buchloe	dactyloides	Z. búfalo
	Cynodon	dactylon	Z. pata de gallo
	Digitaria	cognata	Z. escobilla
	Hilaria	mutica	Z. toboso
	Leptochloa	dubia	Z. gigante
	Nasella	leucotricha	Z. agujilla
	Panicum	coloratum	Z. klein
Panicum	Panicum	obtusum	Z. mesquite
	Setaria	leucopila	Z. temprano
	Sporobolus	cryptandrus	Z. arenoso
Scrophularaceae	Leucophyllum	frutescens	Cenizo

Fuente: Vázquez 1992.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se presentan y se discuten son los obtenidos de los análisis por medio de NIRS y fotografías de las heces colectadas durante el periodo experimental en que se realizó esta investigación.

4.1. Valor Nutritivo De La Dieta

La información que se obtuvo después de analizar las heces a través de NIRS se reportan en el Cuadro 4.1

Cuadro 4.1. Resultados de PC y MOD a través de NIRS de los muestreos realizados

Número de Muestreo	Meses de Muestreo	PC (%)	MOD (%)
1	Febrero	5.0	56.17
2	Marzo	5.3	55.86
3	Octubre	14.24	62.29
4	Diciembre	15.77	62.13

Proteína cruda (PC)

Materia orgánica digestible (MOD)

Guía Fotográfica de Heces para Estimar la Calidad del Forraje



Este “pastel” indica que el forraje tiene un porcentaje de proteína cruda de 5 % o menos y una digestibilidad de 56.17 %. Se puede observar los anillos bien formados, estos suelen ser firmes. Este tipo de excretas tienden a amontonarse, sin embargo, los montones sin anillos firmes no son característicos de este nivel de calidad de forraje. Este tipo de heces nos indica que la calidad del forraje anda por debajo de los requerimientos de mantenimientos para todas las categorías de ganado bovino de carne.



El resultado de NIRS de este tipo de “pastel” fue de 5.3 % de proteína cruda y una digestibilidad de 55.86 %. Se observan anillos bien formados, estos suelen ser firmes. Este tipo de excretas tienden a amontonarse, sin embargo, los montones sin anillos firmes no son característicos de este nivel de calidad de forraje. Este tipo de heces nos indica que la calidad del forraje anda por debajo de los requerimientos de mantenimientos para todas las categorías de ganado bovino de carne.



Los resultados de NIRS de estas heces fueron de 14.24 % de proteína cruda y una digestibilidad de 62.29 %. Este tipo de heces tiene un aligera apariencia de tipo cráter en su superficie de acuerdo a Lyons et al.,(2000). Este tipo de “pastel” indica que la calidad del forraje cubre los requerimientos para vacas adultas y en vaquillas o novillos pueden dar aumentos de de 0.4 a 0.65 kilogramos diarios en promedio.



Los resultados obtenidos de este “pastel fueron de 15.77 % de proteína cruda y una digestibilidad de 62.13%. Estas heces tienden a ser mas sueltas que la anterior y con mayor % de proteína. Este “pastel” indica que la calidad de l forraje cubre los requerimientos para vacas adultas, y pueden dar aumentos de 0.4 a 0.65 kilogramos diarios en promedio en vaquillas o novillos.

2.7.1 Guía Fotográfica De Heces Para Determinar La Calidad Del Forraje. (Lyons et al., 2000),



Estas heces indican que el forraje tiene una proteína cruda arriba de 20 % y su digestibilidad de alrededor de 70 y 80 %. El “pastel “ toma la forma de lo que hay debajo de él, con muy poca forma propia. Además , tiene un color verde oscuro. El forraje de alta calidad típicamente se asocia con los forrajes de temporada fresca (otoño e invierno), tales como los granos pequeños o el ryegrass. La disponibilidad de nutrientes (proteína y energía) exceden los requerimientos de mantenimiento, crecimiento o lactancia del ganado.



Este “pastel” indica que el forraje tiene un porcentaje de proteína cruda de entre 10 y \pm 17, y una digestibilidad de entre 61 y 67 %. Se aprecia una ligera apariencia tipo cráter en la superficie de esta muestra. En el rango de 10 a 13 % de proteína cruda pueden formarse pequeños dobleces. La suplementación, o el añadir proteína o energía a la dieta no es necesario para vacas adultas. El forraje que crea “pasteles como este tipo puede dar aumento de 0.4 a 0.65 kilogramos diarios promedio en vaquillas o novillos.



Este “pastel” indica que el forraje tiene un porcentaje de proteína cruda de entre 6 y 9 %. La digestibilidad anda entre el 58 y 63 %; puede haber una ligero traslape con la categoría de entre 10 y 17 %. En este nivel de calidad de forraje, el “pastel” muestra dobleces planos. A medida que aumenta la calidad del forraje en este rango, los dobleces se hacen mas pequeños. la calidad del forraje de esta muestra es adecuada para suplir las necesidades de mantenimiento para vacas adultas. En vaquillas de reemplazo se espera un crecimiento mínimo.



Este “pastel” indica que el forraje tiene un porcentaje de proteína cruda de 5 % o menos y una digestibilidad de 56 % o menor. Se pueden apreciar anillos bien formados , estos suelen ser firmes. Este tipo de excretas tiende a amontonarse, sin embargo, los montones sin los anillos firmes no son característicos de este nivel de calidad de forraje. En este caso este tipo de excremento nos indica que la calidad del forraje anda por debajo de los requerimientos de mantenimiento para todas las categorías de ganado bovino de carne. La digestibilidad de este tipo de forraje y su consumo puede incrementarse con la suplementación de proteína.

Los muestreos realizados en los meses de Febrero y Marzo arrojaron los niveles mas bajos de proteína cruda y materia orgánica digestible (Cuadro 4.1). Estas heces presentaron ciertas características físicas: Una consistencia dura y seca, un color café y tendieron a adquirir una forma de montón con anillos bien marcados y firmes (Figura 5.1 y 5.2).

Esto puede atribuirse a las desfavorables condiciones climáticas, temperatura, precipitación, (Cuadro 3.1), producción y disponibilidad baja de forraje. El forraje se encontraba en su etapa fisiológica de latencia (plantas maduras y secas) lo cual ocasiono un decremento en el consumo de los animales. Por lo tanto, se reflejo en una dieta de baja calidad nutricional del agostadero.

Similares resultados se encontraron en cuanto a características físicas y resultados de análisis de NIRS con los encontrados por Lyons et al (2000). (Figuras 5.5,5.6). Así mismo Hunnicutt et al., (2000), en un estudio realizado en el sur de Texas, encontró niveles de PC del 5 por ciento y de MOD de 55 por ciento, durante la época de invierno. Lyons et al.,(1995) reportan niveles de PC de 5 a 7 por ciento en el periodo de invierno utilizando el NIRS en la determinación del perfil nutricional del pastizal.

Head et al.,(2001) menciona que los niveles mas bajos de proteína en los forrajes se presentaran en la época de invierno y los mas altos en primavera. Tolleson (2001) reporta que a través de NIRS encontró niveles de PC y MOD de 6.3 y 58.2 por ciento respectivamente, a través de las heces de animales pastando zacate Bermuda en Oklahoma. Matiz et al.,(2000) reporta que la sequía se establece en etapas progresivas donde se empieza a notar la presencia de forraje seco en el agostadero, y los animales comienzan a presentar deficiencia en proteína y otros nutrientes. Continúa con una restricción en la disponibilidad de forraje presentándose una severa deficiencia

Comparación de los resultados obtenidos de las características físicas de las heces (Figuras 5.1,5.2,5.3,5.4) contra los resultados de Lyons et al., (2000) (Figuras 5.5,5.6,5.7,5.8).

Figura 5.1. (Febrero)



(Octubre)

Figura 5.2. (Marzo)



Figura 5.4 (Diciembre).

Figura 5.3.



PC:

5%

PC: 5.3%

PC: 14.24%

PC:

15.7%

MOD: 56.17%

MOD: 55.86%

MOD:

62.29%

MOD: 62.13%

Figura 5.5. (Lyons et al., 2000)
(Lyons et al., 2000)

Figura 5.6. (Lyons et al., 2000)
Figura 5.8. (Lyons et al., 2000)

Figura 5.7.



PC: 5%
PC: 10 – 17 %
MOD: 58 – 63%
MOD: 70 – 80 %

Indica forraje de baja calidad
calidad



PC: 6 – 9 %
PC: 20% o mas
MOD: 61 – 67%

indica forraje de regular calidad



MOD: 56%

indica forraje de buena

indica forraje de muy alta calidad

El análisis de las heces por medio de NIRS proporciona la predicción del porcentaje de proteína cruda (PC), materia orgánica digestible (MOD) (Cuadro 4.1) contenido en las heces colectadas en las pastas “La Fragua” (Febrero y Marzo) y “El Milagro” (Octubre y Diciembre). Los niveles mas bajos de PC y MOD se presentaron durante los meses de Febrero y Marzo (Cuadro 4.1). Esto puede atribuirse a las desfavorables condiciones climáticas (temperatura y precipitación) (Cuadro 3.1), las condiciones que presentaba la pasta (La “Fragua”) no eran las optima , ya que presentaba una producción y disponibilidad baja de forraje , el forraje se encontraba en su etapa fisiológica de latencia (plantas maduras y secas) lo cual ocasiono un decremento en el consumo de los animales. Por lo tanto, se reflejó una dieta de baja calidad nutricional en este periodo de la investigación.

Los resultados de PC y MOD de Febrero y Marzo son similares a los reportado por Hunnicutt et al.,(2000), en un estudio realizado en el sur de Texas, en el cual encontraron niveles de PC del 5 por ciento y de MOD de 55 por ciento, durante la época de invierno. Lyons et al.,(1995) reportan niveles de PC de 7 a 5 por ciento en le periodo de invierno utilizando el NIRS en la determinación del perfil nutricional del pastizal.

Head et al.,(2001) mencionan que los niveles mas bajos de proteína en los forrajes se presentan en la época de invierno y los mas altos en primavera. Tolleson (2001) reporta que a través de NIRS encontró niveles de PC y MOD de 6.3 y 58.2 por ciento respectivamente, a través de las heces de animales pastando zacate Bermuda en Oklahoma.

Mathis et al.,(2000) mencionan que la sequía se establece en etapas progresivas donde se empieza a notar la presencia de

forraje seco en el agostadero, y los animales comienzan a presentar deficiencia en proteína y otros nutrientes. Continúa con una restricción en la disponibilidad de forraje presentándose una severa deficiencia de proteína, energía, vitaminas y minerales.

Gutiérrez et al., (1985) mencionan que cuando el pasto se encuentra maduro y seco, el contenido de proteína y Fósforo se reducen de un 70 a 60 por ciento y los carotenos (precursores de la vitamina A) desaparecen totalmente. Lo anterior ocasiona una disminución marcada en el consumo voluntario de materia seca por parte del animal.

García y López,(1995)mencionan que cuando el pasto esta maduro y seco, los nutrientes que con mayor frecuencia se presentan deficientes en la dieta de los animales en pastoreo en orden de importancia son: Proteína, Fósforo, Vitamina A y Energía. DelCurto et al.,(2000) concuerdan en que los nutrientes limitantes cuando el pasto se encuentra maduro y seco son energía , proteína, vitaminas y minerales.

Lyons et al., (S/F) mencionan que el consumo se reduce cuando los niveles de proteína cruda del forraje son menores de 6 a 8 por ciento. Esta reducción parece estar asociada al decremento de la actividad microbiana del rumen, lo que reduce la digestibilidad y aumenta el tiempo que el forraje permanece en el rumen.

Por otra parte los niveles mas altos de PC y MOD se presentaron durante los meses de Octubre y Diciembre (Cuadro 4.1). Esto puede atribuirse a las favorables condiciones climáticas (temperatura y precipitación) (Cuadro 3.1), que se presentaron durante el verano anterior

a los muestreos. Las condiciones que presentaba la pasta (El "Milagro") eran las adecuadas en cuanto a producción y disponibilidad de forraje, el forraje se encontraba verde y en crecimiento activo lo cual provoco un incremento en la calidad nutritiva de la dieta.

Lyons et al., (S/F) señalan que la calidad de la biomasa producida en el agostadero depende de diferentes factores, entre los cuales se encuentran las condiciones climáticas.

Fynn et al.,(2000) señalan que las precipitaciones influyen sobre el cambio de la composición botánica y promueven los rebrotes. Además de presentar efectos mas marcados sobre la producción de forraje en los agostaderos.

Hatch y Tainton, (1997) realizaron un estudio en África, donde reportan que las lluvias afectan la calidad (niveles de proteína cruda y materia orgánica digestible) y cantidad de los forrajes de una manera positiva.

Cuando el forraje esta en crecimiento activo, el contenido de proteína, energía y minerales disponibles pueden ser tres veces mayores que cuando están en latencia.

Los pastos verdes en crecimiento, contienen mas de 10 por ciento de proteína cruda, pero que cuando el pasto esta maduro y seco, su contenido disminuye a 6 por ciento. Es importante considerar esta diferencia, ya que el pasto seco solo tiene una tercera parte de proteína

digestible (2 por ciento) y el pasto verde tiene el triple de proteína digestible (6 a 7 por ciento) (García y López,1989).

V. - CONCLUSIONES

- ❖ Las heces secas y compactas, de coloración café y que tienden a amontonarse con anillos firmes son indicadores de niveles bajos de PC y MOD. Por lo tanto, muestran que el forraje que los animales consumen es de baja calidad nutricional.
- ❖ Las heces de aspecto blando, con textura de apariencia suave y color verde son indicadores de alta digestibilidad y un buen contenido de proteína. Por lo tanto, la dieta que están consumiendo los animales es de alto valor nutritivo.
- ❖ Aplicando los criterios basados en la observación del aspecto de las heces, relacionados con textura, coloración y forma que adquieren al ser defecadas y en los análisis de NIRS, la guía fotográfica es una herramienta que permite estimar la calidad de la dieta de bovinos en pastoreo

VI. LITERATURA CITADA

Abrams, S. M., Shenk, J. S., Westerrhaus, M. O., and Barto II, F. E. 1987. Determination of forage quality by near infrared reflectance spectroscopy: Efficacy of broad-based calibration equations. *J. Dairy Sci.* 70:806-813.

Bautista, H. M. A. 2002. Efecto de la suplementación proteica y la utilización del sistema de espectroscopia de reflexión infra – roja en heces, en vacas lactantes bajo condiciones comerciales en agostadero. Tesis. Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Beaty, J. L., R. C. Cochran, B. A. Lintzenich, E. S. Vanzant, J. Morrill, R. T. Brandt, and D. E. Johnson. 1994. Effect of frequency of supplementation and protein concentration in supplements on performance and digestion characteristics of beef cattle consuming low-quality forages. *J. Anim. Sci.* 72:2475-2486.

Brooks III, J. M, Anderson, M., and Urness, P. J. 1984. Infrared reflectance analysis of forage quality for elk. *J. Wildl. Manage.* 48:254.

Coleman, S. W., Hollway, j. W., and Stuth, J. W. 1989. Monitoring the nutrition of grazing cattle with near infrared analysis of feces. XVI Internat. Grassl. Congr. 26:881. Nice, France.

Coughenour, M. B. 1991. Spatial components of plant – herbivore intersections in pastoral, ranching, and native ungulate ecosystem. J: Range Manage. 44:530 – 542.

COTECOCA. 1979. Coeficientes de los agostadero de Coahuila. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Pp 34-35.

Dale, C. and L, Jolley. 2001. NRCS uses a rapid nutritional monitoring System for free-ranging livestock. <http://cnrit.tamu.edu/ganlab/index.htm>.

Delcurto, T., B. W. Hess, J. E. Huston, and K. C. Olson. 2000. Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States. J. Anim. Sci. Suple 1.

Edward, P. J. S. Hollis 1982. The distribution of excreta onew forest grassland used by cattle, ponies and deer. J: Applied Ecology 19;53 – 964.

Eilers, J. 2002. A survey analysis of the use of NIRS/Nutbal to assess the nutritional requirements of free-ranging herbivore. <http://cnrit.tamu.edu/ganlab/index.htm>.

García, E. 1973. Modificación del sistema de clasificación climática de Koeppen Editorial UNAM. México. Pp 28.

García E. R., y R. T. López. 1995. Suplementación alimenticia de ganado bovino en pastoreo fundamentos y estrategias. Departamento de producción animal. U.A.A.A.N. México. p 3 y 4

García, E. R. y López T. R. 1998. Programa de manejo en el rancho “Los Angeles”, Saltillo, Coahuila. Resúmenes XIII Congreso Nacional de Pastizales. Aguascalientes, Aguascalientes, México. Pp 87-100.

Gardner, S., E. N. Douglas. 2000. Dietary analysis. A new management tool for Louisiana cattlemen. USDA Alexandria Louisiana p. 1-2.

González, M. J. y F. N. Meléndez. 1980. Efecto de la presión de pastoreo sobre la producción de carne en praderas tropicales. Colegio Superior de Agri. Tropical. SARH. Boletín CA-6. Tabasco México. p 15.

González, E. A. V., J. A. Ortega, J. M. Avila. 2000. Manejo de la carga animal y su importancia en la ganadería. Investigadores del Programa Forrajes y Pastizales del C.E. Aldama- INIFAP-SAGAR. www.manejodelacargaanimal.htm

González L. J. E. 1997. Determinación del tiempo optimo de ocupación de potreros bajo el sistema de corta duración. Tesis Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila

Gutiérrez, O. E. 1995. Suplementación de rumiantes en pastoreo con energía y proteína. Memorias: Curso taller Internacional, Consumo voluntario de alimento. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. Pp 218-225.

Gutiérrez. B. F. M. 1986. descripción del patrón de apacentamiento diurno en bovinos con observaciones contrarias e intermitentes y su relación con factores climáticos en un pastizal del sur de Coahuila. Tesis ing. Agr. Zoot. UAAAN. Saltillo.

Haynes R. J. and P. H. Williams 1991. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. Advances in Agronomy 49: 119 – 199.

Haynes R. J. and P. H. Williams 1993. Change in soil solution composition and Ph in urothe – affected are of pasture. J. Soil Sci. 43: 323 – 334.

Head, B. B., J. C. Hugh, A. Dicostanzo and D. Jhonson. 2001. Supplement grazing ruminants to optimize production: Part.1. Feedsstuffs Rev. 73(30):34-36

Head, B. B., J. C. Hugh, A. Dicostanzo and D. Jhonson. 2001. Supplement grazing ruminants to optimise production: Part 2. Feedsstuffs Rev. 73(35):35-36.

Holecheck, J. L. 1982. Sample preparation techniques for microhistological analysis. J. Range Manage. 35 (2): 267 – 268. United States America.

Holechek, I. J., Shenk, S. J., Vavra, M., and Arthun, D. 1982. Prediction of forage quality using near infrared reflectance spectroscopy on esophageal fistula samples from cattle on mountain range. J. Anim. Sci. 55:971-975.

Hunnicutt, K. L. 2000. Quality of diet consumed by cattle in the Texas hill country: measurements using NEAR infrared spectroscopy combined with nutritional balance analyzer software. Tesis. Ph. D. Texas A&M. Huston Texas.

Huston, E. J., P. V. Thompson, and C. A. Taylor. 1993. Combined effects of stocking rate and supplemental feeding level on adult beef cows grazing native rangeland in Texas¹. J. Anim. Sci. 71:3458-3465.

Huston, J.E., B.S. Rector, L.B. Merrill y B.S. Ingdall. 1981. Nutritive value of range plants in the Edwards Plateau region of Texas. Tex. Agric. Exp. Stn. Bull. 1357.

Huston, J.E. y W.E. Pinchak. 1991. Range animal nutrition. In: R.K. Heitschmidt y J.W. Sthuth (eds.), Grazing management: an ecological perspective. Timber Press, Portland, OR.

Huston, J.E., C.A. Taylor y E. Straka. 1994. Effects of juniper on livestock. In: Juniper Symposium 1994 proceedings. Technical report 92-2. Texas A&M University Research Station. Sonora, TX.

Jaramillo, I. V. y S. K. Dething 1992. Defoliación preferencial en parches con deposición simulada de orina.

Johnson, D.E., M.M. Borman y L.R. Rittenhouse. 1982. Intake, apparent utilization and rate of digestion in mares and cows. Proc. West Sec. Am. Soc. Anim. Sci. 33: 294-298.

Lange R. T. 1970. The piosphere sheep track and dung patterns. J: Range Management. 396 – 400.

Launchbaugh, K.L. J.W. Sthuth and J.W. Holloway 1990. Influence of range site on diet selection and nutrient intake of cattle. J. Range. Manage. 43:109 116.

López T. R., y R. E. García. 2000. Estrategias de suplementación de bovinos en pastoreo. Com. Gan. Vol.2 N°. 11p 8-9.

Lyons, R. K., R. V. Machen y T. D. A. Forbes. (S/F). ¿ Por que cambia la calidad del forraje de los pastizales. Tex. Agri. Ext. Ser. Sis. E-99S 7-01

Lyons, R. K., and Stuth. W. J. 1991. Procedures for processing cattle fecal samples for NIRS analysis. Anim. Feed abd Technol. 35:21.

Lyons, R. K., and Stuth. W. J. 1992. Fecal NIRS equations for predicting diet quality of free-ranging cattle. J. Range Manage. 45:238-244.

Lyons, R. K., J. W. Stuth, J. E. Huston and P. Angerer. 1993. Predictions of the nutrient composition of the diets of supplemented versus unsupplemented grazing beef cows based on Near-Infrared reflectance spectroscopy of feces. J. Anim. Sci. 71: 530-538.

Lyons, R. K., J. W. Stuth and P. Angerer. 1995. Technical note: fecal NIRS equation field validation. J. Range Management 48(4): 380-382.

Lyons, R. K., T.D.A. Forbs y R. Machen. 1996. What range herbivores eat-and why, B-6037. Texas Agricultural Extension Service. College Station,

Lyons, R. K., R.V. Machen y J.W. Sthuth. 2000. Photoguide to grazing beef cattle forage diet quality. Texas Agricultural Extension Service.

Mac Diamid B. N. and B. R. Walkin 1971. Effect of dung patches on yield and botanical composition of surrounding and underlying pasture. J. Br. Grassld Soc. 27: 48 – 54.

MacNaughton, S. J.. 1990. Mineral nutrition and seasonal movements of African migratory ungulates. Nature 334:343 – 345.

Marsh R. and R.C. Campling 1970. Fouling of pasture by dung. Herbage Abstracts 40:123 – 130.

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.

Morton, J. D. and D. B. Bair 1990. Spatial distribution on dung patches under sheep grazing. New Zeland J. Agr. Research 33:285 – 294.

Norris, K. H., R. F. Barnes, J. E. Moore and J. S. Shenk. 1976. Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. J. Anim. Sci. 43: 889-897.

Omaliiko, C. P. E. 1981. Dung deposition breakdown and grazing behavior of beff cattle a two seasons in a tropical grassland ecosystem . J. Range Management. 34 – 36, 362.

Ortega, J. A. S. y E. A. González. 2000. ¿Cuántos animales puede mantener mi rancho? En: Recomendaciones practicas. INIFAP, Campo experimental Aldama. Publ. Esp. N° 11. Aldama Tamaulipas México. p 10-12.

Pearce, A. R., R.K. Lyons, and J. W. Stuth. 1993. Influence of handling methods on fecal NIRS evaluations. J. Range Management 46(3): 274-376.

Peterson, R. G. W. W. Woodhouse, Jr. And H. L. Lucas 1956. The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effect on pasture fertility;II Effect of returned excreta on the residual concentration of some fertilizer elements. Agronomy Journal. 444 – 449.

Roberts, C. A., P. L. Houghtton, K. J. Moore, K. A. MacMillan and R. P. Lemenager. 1987. Analysis of bovine udder, plate and viscera

using NEAR infrared reflectance spectroscopy. J. Ani. Sci. 65:
278-281.

Savory, A. 1988. Holistic Resource Management Island Press.
Washington, D. C. 564 P.

Selk, G. E., and Lusby, K. S. 1990. The management of beef cattle for
efficient reproduction. E-888869. Cooperative Extension
Service. Oklahoma State University. Pp 22.

Shenk, S. J., Westerhaus, M. O., and Hoover, M. R. 1979. Analysis of
forages by infrared reflectance. J. Dairy Sci. 62: 807.812.

Steffen, D. 2001. NUTBAL & fecal sampling –prediction of
performance". <http://cnrit.tamu.edu/ganlab/index.htm>.

Stuth, W. J., Kapes, E. D., and Lyons, R. K. 1989. Use of near infrared
spectroscopy to assess nutritritional status of cattle diets on
rangeland. Internat. Grassl. Congr. 26:889. Nice, France.

Stuth, W. J. 1998. Nutrición de vacas adultas en la zona de matorrales
del sur de Texas: NIRS/NUTBAL, un sistema de manejo
nutricional. Memorias: taller de ganadería de bovinos de carne
del Norte de México y Sur de Texas. Cd. Victoria Tamaulipas ,
México. Pp 56-64.

Tolleson, D. 2001. The application of NIRS in range and animal
sciences. <http://cnrit.tamu.edu/ganlab/index.htm>.

Vázquez, A. R. 1992. Plantas de pastizales del Rancho La Salada.

Jiménez, Coahuila ,México

- Walker, J.W., D. H. Clark and S. D. Miccoy. 1998. Fecal NIRS for predicting leaf spurge leafy spurge in diets. J. Range Management. 51(4): 450 - 455.**
- Watkin B. R. , and R. J. clements 1978. The effects of grazing animals on pasture. P. 273 – 289.In . Wilson J. R. (ed) plant relations in pastures Commonwealth Scientific and Industrial, Research Organization, Melbourne, Australia.**
- Ward, R. G., Smith, G. S., Wallace, J. D., Urquhart, N. S., and Shenk J. S. 1982. Estimates of intake and quality of grazed range.**
- Williams, P.H. and R. J. Haynes 1992. Comparison of initial wettings patter. Nutrient concentration in foil solution and the fare or 15 – N labelled urine in sheep and cattle urine patch area of pasture soil. Plant and Soil. 162:49 – 59.**
- Williams, P.H. and R. J. Haynes 1992.Transformations and plant uptake of urine sulphate in urine - affected area of pasture soil. Plant and Soil. 145: 167 – 175.**
- Yiakoumettis, J. M. and W. Holmes 1972. The effect of nutrient and stocking rate on the output of pasture grazed by beef cattle. J. Br. Grassld Soc. 27:183 – 191.**
- Zea, J. y M. D. Díaz. 2000. El pasto y la alimentación del ternero de carne. Rev. Mundo ganadero. Vol. 118. p 45.**

