

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

División de Ciencia Animal



Uso del sistema de espectroscopía de reflexión infrarojo (NIRS) para la determinación de la calidad de la dieta de ganado bovino en pastoreo extensivo en el norte de México.

Por

EDUARDO PONCE CASTRO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Octubre de 2005

Uso del sistema de espectroscopía de reflexión infrarojo (NIRS) para la determinación de la calidad de la dieta de ganado bovino en pastoreo extensivo en el norte de México.

Por

EDUARDO PONCE CASTRO

TESIS

Que se Somete a Consideración del Comité Particular de Asesoría y aprobada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:

M. Sc. Ricardo Nicolás Silva Cerrón

Asesor:

M. C. Silvia Xiomara González Aldaco

Asesor:

M. Sc. Juan Ricardo Reynaga Valdés

Asesor:

Dr. Heriberto Díaz Solís

Dr. Ramón F. García Castillo

Coordinador de la División Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Octubre de 2005

INDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis	3
Objetivo	3
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Nutrición animal en apacentamiento	5
Factores que cambian la calidad nutritiva del forraje	6
Partes de las plantas	7
Edad de las plantas	7
Grupo de plantas y estación del año	8
Consideraciones referentes a la carga animal	10
Carga animal	10
Importancia de la carga animal	11
Influencia de la carga animal sobre la producción de forraje	12
Influencia de la carga animal sobre la productividad animal	13
Características físicas del pastizal	14
sistema de espectroscopía de reflexión cercana al infrarrojo (NIRS), una manera de predecir el valor nutritivo del forraje	17
Predicción de la calidad de la dieta	18
Enlazando el NIRS con los sistemas computacionales	24
Colección y análisis de heces	25
Utilización del NIRS	26
Utilización del sistema de información geográfica ArcView 3.3	30

Utilización del GPS (Global Positioning System)	31
MATERIALES Y MÉTODOS	33
Descripción del área de estudio	33
Ubicación geográfica del rancho “San Antonio”	33
Clima	34
Suelo	34
Vegetación	35
Características del rancho “San Antonio”	36
Características de los animales utilizados	38
Materiales de muestreo	38
Métodos	39
Colección de datos del GPS	39
Colección de heces	39
Análisis de heces	40
Datos de condiciones climáticas	42
Utilización de un sistema de información geográfica	43
Descripción del diseño experimental	43
Análisis de correlación	43
Estimación de la ecuación de regresión	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
Variables nutricionales (pc y mod)	46
Variables climatológicas	51
Proteína cruda – precipitación total (PC-PPT)	51
Proteína cruda – temperatura (PC – TEM)	54
Proteína cruda – insolación (PC – INSOL)	56
Proteína cruda – condición corporal (PC – CC)	59
Interpretación de las representaciones gráficas de la calidad de la dieta para el rancho “San Antonio”	62
CONCLUSIONES	88
RESUMEN	89
LITERATURA CITADA	93

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Equivalencias de Unidades Animal (UA) sugeridas por tipo y clase de herbívoros basado en la demanda de forraje	11
Influencia de la intensidad de pastoreo sobre las características nutricionales del ganado en apacentamiento	14
Proteína Cruda y Materia Orgánica Digestible de muestras de toretes fistulados y de heces fecales a través de química húmeda y NIRS	22
Datos de precipitación total, temperatura promedio e insolación promedio en el periodo de septiembre 2003 a marzo de 2004.	42
Datos de precipitación total, temperatura promedio e insolación promedio en el periodo de marzo de 2004 a septiembre 2004.	42
Nomenclatura general para los mapas de acuerdo al por ciento de Proteína Cruda y el estado del pastizal	62

INDICE DE FIGURAS**Figura****Pagina**

Pruebas de laboratorio contra NIRS en plantas C⁴ para PC (Tolleson, 2001).	22
Pruebas de laboratorio contra NIRS en plantas C⁴ para MOD (Tolleson, 2001).	23
Calidad de la dieta de pastizales de Garfield Co. MT. USA (Tolleson,2001).	23
Localización geográfica del rancho “San Antonio”.	33
Mapa del rancho “San Antonio”	37
Relación proteína cruda (PC), materia orgánica digestible (MOD) y condición corporal (CC) para el hato 1	46
Relación proteína cruda (PC), materia orgánica digestible (MOD) y condición corporal (CC) para el hato 2	47
Relación proteína cruda (PC), materia orgánica digestible (MOD) y condición corporal (CC) para el hato 3	47

Diagramas de dispersión y ecuación de predicción para la relación PC- MOD para los hatos 1, 2 y 3.	50
Relación proteína cruda (PC), precipitación total (PPT) y condición corporal (CC) para el hato 1	52
Relación proteína cruda (PC), precipitación total (PPT) y condición corporal (CC) para el hato 2	52
Relación proteína cruda (PC), precipitación total (PPT) y condición corporal (CC) para el hato 3	53
Diagramas de dispersión y ecuación de predicción para la relación PC – PPT de los hatos 1, 2 y 3.	53
Relación proteína cruda (PC), temperatura (°C) y condición corporal (CC) para el hato 1	54
Relación proteína cruda (PC), temperatura (°C) y condición corporal (CC) para el hato 2	55
Relación proteína cruda (PC), temperatura (°C) y condición corporal (CC) para el hato 3	55
Diagramas de dispersión y ecuación de predicción para la relación PC – TEM de los hatos 1, 2 y 3.	56
Relación proteína cruda (PC), insolación (INSOL) y condición corporal (CC) para el hato 1	57
Relación proteína cruda (PC), insolación (INSOL) y condición corporal (CC) para el hato 2	58
Relación proteína cruda (PC), insolación (INSOL) y condición corporal (CC) para el hato 3	58
Diagramas de dispersión y ecuación de predicción para la relación PC – INSOL de los hatos 1, 2 y 3.	59
Diagramas de dispersión y ecuación de predicción para la relación PC – CC de los hatos 1, 2 y 3.	60
Representación gráfica de la calidad de la dieta del	

rancho “San Antonio” para el mes de septiembre de 2003.	64
Representación gráfica de la calidad de la dieta del rancho “San Antonio” para el mes de noviembre de 2003.	65
Representación gráfica de la calidad de la dieta del rancho “San Antonio” para el mes de diciembre de 2003.	67
Representación gráfica de la calidad de la dieta del rancho “San Antonio” para el mes de enero de 2004.	70
Representación gráfica de la calidad de la dieta del rancho “San Antonio” para el mes de febrero de 2004.	72
Representación gráfica de la calidad de la dieta del rancho “San Antonio” para el mes de marzo de 2004.	75
Representación gráfica de la calidad de la dieta del rancho “San Antonio” para el mes de abril de 2004.	77
30. Representación gráfica de la calidad de la dieta del rancho “San Antonio” para el mes de mayo de 2004.	79
Representación gráfica de la calidad de la dieta del rancho “San Antonio” para el mes de junio de 2004.	81
Representación gráfica de la calidad de la dieta del rancho “San Antonio” para el mes de julio de 2004.	83
Representación gráfica de la calidad de la dieta del rancho “San Antonio” para el mes de agosto de 2004.	85
Representación gráfica de la calidad de la dieta del rancho “San Antonio” para el mes de septiembre de 2004.	87

INTRODUCCIÓN

Los pastizales del Norte de México, por sus características ecológicas y climáticas son aptos para la ganadería extensiva, donde la principal especie comercial es la bovina, y en la cual se utiliza principalmente un sistema animal de producción de vaca- becerro en condiciones extensivas. Uno de los principales problemas que enfrentan los ganaderos del norte del país es la falta de

herramientas sencillas que le permitan auxiliarse en la toma de decisiones del manejo del ganado y de las pastas. Estos dos componentes son manejados en forma común mediante los pesos corporales de los animales y de percepciones visuales que ha adquirido el manejador del rancho a través del tiempo.

El estado de Coahuila cuenta con 419,024 cabezas de ganado productor de carne (SAGARPA, 2000), desarrolla el sistema de producción vaca- becerro y a demás participa con el 6.5% (91,000 cabezas) del total de la exportación de becerros. El promedio de becerros destetados es de 65%, el porcentaje de preñez es de 57% y los intervalos entre partos son de 500 a 550 días (SAGARPA, 2000).

Uno de los aspectos más importantes que se debe considerar para una óptima alimentación del ganado en apacentamiento, es la calidad y cantidad de forraje que éstos consumen a lo largo de las diferentes estaciones climatológicas del año. Se menciona que los patrones de producción de forraje son influenciados por las variaciones climatológicas regionales. Éstas fluctuaciones

climatológicas obedecen a las variaciones de temperatura, intensidad lumínica y disponibilidad de agua y son estos factores los que interactúan entre sí para influir sobre la tasa neta de producción de forraje. (Hodgson, 1990).

Las tecnologías recientemente diseñadas para predecir la calidad de la dieta por medio de perfiles fecales mediante el NIRS ofrece un método práctico para evaluar la concentración nutricional de la dieta del ganado bajo condiciones extensivas. Vázquez (2004). La localización geográfica de las heces en el espacio por medio de un GPS, aunado a las condiciones climáticas, perfiles de las heces (determinadas por el NIRS) y la condición corporal de los animales, pueden ofrecer ideas más precisas sobre el lugar y la calidad de la dieta que los animales consumieron a través de las diferentes estaciones del año. Éste sistema de soporte de decisiones, podrán eficientizar las estrategias del manejo nutricional del ganado en apacentamiento.

Con los antecedentes antes mencionados, se tienen las siguientes hipótesis:

HIPÓTESIS

El sistema de espectroscopia de reflexión cercana al infrarrojo (NIRS, por sus siglas en inglés) es una herramienta que permite determinar el perfil nutricional del pastizal y sirve de soporte para la toma de decisiones en el manejo del pastizal y de los animales.

Las variables climatológicas (precipitación, temperatura e insolación) influyen directamente en la calidad de la dieta.

El uso de un sistema de información geográfica (ArcView 3.3), conjuntamente con el sistema de espectroscopia de reflexión cercana al infrarrojo (NIRS) muestran de manera gráfica el comportamiento del perfil nutricional del pastizal a través del año.

OBJETIVO

Considerando todos estos aspectos anteriores, los objetivos planteados en la presente investigación son los siguientes:

- Determinar la relación entre el perfil nutricional del pastizal (análisis de heces) a través de la proteína cruda medida por el NIRS con las condiciones climatológicas (precipitación, temperatura e insolación) y la condición corporal (CC) de bovinos para carne bajo condiciones comerciales de agostadero, utilizando el sistema de espectroscopía de reflexión cercana al infrarojo (NIRS).
- **Localizar las áreas donde se muestreo el NIRS con diferente calidad de la dieta en las diferentes estaciones del año, para bovinos de carne bajo condiciones comerciales de agostadero, utilizando el GPS (Global Positioning System), el sistema de espectroscopía de reflexión cercana al infrarojo (NIRS), y un sistema de información geográfica.**

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Nutrición animal en apacentamiento

El manejo nutricional de bovinos en apacentamiento es el mayor reto para los productores de zonas áridas y semiáridas. Los objetivos principales que se deben abordar principalmente son: mantener la productividad animal, minimizar los costos de suplementación y preservar el recurso forrajero.

Un renglón importante para el buen manejo del ganado es sin duda conocer la calidad de la dieta que estos consumen a través del año. Tomando en cuenta que el forraje que es consumido por los animales satisfaga las necesidades de mantenimiento, producción y reproducción.

El concepto de calidad del forraje es expresada básicamente en dos términos que son: proteína cruda (PC) y materia orgánica digestible (MOD). La calidad de la dieta va a depender de varios factores tales como especies de plantas consumidas, parte de la planta, estado de madurez y condiciones de crecimiento del forraje (Lyons et al., S/F).

Estimar la calidad de la dieta que los animales consumen en apacentamiento es muy difícil de realizar, esto por la razón de que los animales seleccionan de entre una amplia gama de especies vegetales y tratan de seleccionar las partes con mejor digestibilidad comenzando con las hojas verdes.

Se menciona que los efectos climáticos y estacionales afectan las variaciones de palatabilidad y calidad nutritiva de plantas o grupos de plantas mismas que tendrán una fuerte influencia en el manejo del pastizal. (Bell, 1973).

Factores que cambian la calidad nutritiva del forraje

Lyons *et al.* (S/F), mencionan que el ganado en pastoreo y la fauna silvestre tienen acceso a una gran diversidad de plantas forrajeras, las cuales varían su calidad nutricional. Los animales obtienen de estas plantas los nutrimentos (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 nutricionales. El tipo de animales (bovinos, cabras, borregos, venados, etc.), tienen diferentes potenciales digestivos y muestran preferencias por ciertos grupos de plantas.

Partes de las plantas

Generalmente las hojas tienen un mayor contenido celular; y por lo tanto, más proteínas, azúcares, vitaminas y minerales 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 son un buen indicador de la calidad de la dieta de los animales. Lyons *et al*, (S/F).

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 periodo de dormancia. El decremento en el contenido celular está asociado al incremento de la fibra (hemicelulosa, celulosa y lignina), movimiento de nutrimentos 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 disminuye la digestibilidad de la pared celular. Conforme las plantas se aproximan a la dormancia o madurez, los nutrimentos son redistribuidos de las hojas a las raíces, reduciéndose el contenido celular presente dentro de cada célula de

las hojas, esta redistribución disminuye los nutrimentos disponibles para los herbívoros. Lyons *et al*, (S/F).

Grupo de plantas y estación del año

Considerando el análisis completo 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, pareciera más altos en calidad nutricional que los zacates y las 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. Considerando el mismo periodo 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 sean 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. Lyons, *et al*, (S/F).

Moore y Sollenberger (2002), mencionan que las leguminosas generalmente presentan mayor calidad nutritiva que los zacates, esto es

debido a que las leguminosas presentan una mayor digestibilidad de sus hojas y por ende el consumo de esta especie es mayor. Además las leguminosas tienen una cantidad mas elevada de proteína cruda, pero la concentración de nutrientes digestibles totales (NDT) de las leguminosas es muy similar a la de los zacates de estaciones templadas.

Mayland *et al.* (1992), reportan en una investigación realizada en las cercanías de Logan, Utah. Donde compararon la producción y calidad de tres especies de Agropyron con las tendencias estacionales, encontrando que la producción de materia seca de todos los zacates en estudio se incremento, pero la digestibilidad, proteína cruda y la concentración de elementos declino con la madurez de las plantas. Además, añaden que cada Agropyron evaluado en dicho estudio declinó su calidad conforme las estaciones fueron pasando y la madurez de las plantas se fue presentando. Esta estacionalidad declinó los parámetros de calidad como digestibilidad, nitrógeno y fósforo presentado de forma cuadrática para la mayoría de los zacates que fueron desarrollándose del estado vegetativo a individuos en estado reproductivo.

Consideraciones referentes a la carga animal

Carga animal

González, *et al* (S/F), definen carga animal, como el número de

unidades animales (UA) pastoreando una superficie conocida a través del año. Normalmente se expresa como UA/ha/año.

Lyons y Machen, (S/F), mencionan que la carga animal es la cantidad de terreno asignado a cada animal para pastorear en una porción del año. Estos mismos autores conceptualizan el término capacidad de carga como, la máxima carga animal que se puede sostener sin tener efectos perjudiciales sobre el recurso pastizal. Así mismo, mencionan que la densidad de carga es el número de acres asignadas a cada animal en un punto específico del tiempo.

Para poder ajustar una adecuada carga animal, se tiene que considerar que no todos los animales representan una Unidad Animal (UA). Lyons *et al.* (S/F), mencionan que una UA es una vaca madura con un peso corporal de 485 kilogramos con su cría, esto representa un promedio de consumo de forraje diario de 12.61 kilogramos. En el **Cuadro 1**, se muestra las equivalencias de UA para diferentes especies.

Cuadro 1. Equivalencias de unidades animal (UA) sugeridas por tipo y clase de herbívoros, basado en la demanda de forraje.

Tipo y clase de herbívoro	Unidad Animal (UA)
Bovinos	
Vaca madura no lactando	1.00
Vaca con cría	1.30
Becerro (destete a los 12 meses de edad)	0.60
Novillo y vaquilla (12- 15 meses de edad)	0.70
Novillo y vaquilla (15- 18 meses de edad)	0.80
Vaquillas preñadas (más de 18 meses de edad)	1.00
Toro maduro	1.50
Ovinos	
Borrega con cría	0.30
Borrega sin cría	0.20
Caprinos	
Cabra con cría	0.24
Cabra sin cría	0.17
Otros animales	
Equinos	
Caballo	1.50
Cérvidos	
Venado cola blanca	0.17

Fuente: Vallentine (1990).

Importancia de la carga animal

Holechek *et al.* (1989), mencionan que la selección de la carga animal es la decisión más importante que debemos considerar en el manejo de pastizales. Y en donde los manejadores de pastizales y ganaderos tienen nulo o muy poco conocimiento sobre el tema.

La carga animal adecuada, corresponde al número de animales que, de acuerdo a sus requerimientos de materia seca, consuman el 50- 60% del

forraje producido durante el año. Esto indica, que la carga animal adecuada de una región puede ser muy distinta a la de otra área, ya que dependerá del potencial de producción de forraje de cada lugar. Es importante señalar que este principio de utilización del 50% del forraje disponible, se aplica en agostaderos y en praderas perennes de temporal. En el caso de praderas bajo riego y fertilización el manejo es intensivo y deben considerarse otros principios agronómicos de manejo (González, *et al.* S/F).

El reducir el número de animales a tiempo ayuda a mantener las plantas saludables para el rebrote futuro, aumenta la cobertura vegetal que permite una mayor cosecha de agua y reduce la erosión del suelo. Es importante ser conservadores en la cantidad de animales en el rancho. Manejar el coeficiente de agostadero adecuado permite tener animales en mejor condición física y más productivos (González, *et al.* S/F).

Influencia de la carga animal sobre la producción de forraje

Cuando se habla de carga animal nos estamos refiriendo a dos aspectos en particular; el desarrollo animal y el recurso pastizal. Es por ello que debemos tomar en cuenta nuestras metas que deseamos obtener, esto para evitar tanto el sobre pastoreo que tendría efectos negativos sobre la

salud del pastizal; y el sub- pastoreo donde se estaría desaprovechando la producción de forraje.

Los ranchos que se han venido manejando con una carga animal muy alta, presentan pastizales con poca producción de forraje. Si ésta carga se modifica a una carga animal moderada o ligera; la producción de forraje se incrementará notablemente. Holechek (1989), menciona que la producción forrajera de los ranchos de Estados Unidos puede ser sustancialmente incrementada, cambiando de una carga animal pesada a una moderada o ligera.

Willms *et al.*, (1986), mencionan que con una carga animal pesada se puede reducir la productividad de los pastizales ocasionando que las plantas pierdan su vigor además de que una carga animal pesada implementada por varios años puede modificar la composición botánica que cubren los pastizales y ser sustituidas por otras especies menos productivas.

Influencia de la carga animal sobre la productividad animal

Numerosos estudios han evaluado la influencia de intensidad de pastoreo sobre la productividad animal (ganancias de peso, producción de

becerros o corderos, producción de lana) por unidad de área y por unidad animal.

Conforme aumenta la carga animal, la productividad animal declina, (Hodgson, 1990), Holechek *et al.* (1986), además este último autor añade que aunque la productividad por unidad animal declina conforme la carga animal aumenta, la productividad por unidad de área incrementa.

En el **Cuadro 2**, se muestran los resultados obtenidos en dos experimentos realizados en diferentes partes de Estados Unidos de América y en años distintos, donde exponen los resultados de tres tipos de intensidad de pastoreo y su repercusión sobre la calidad de la dieta y consumo de forraje.

Cuadro 2. Influencia de la intensidad de pastoreo sobre las características nutricionales del ganado en apacentamiento.

Estudio	Intensidad de apacentamiento (% de uso)	Consumo de forraje (Kg./Día)	Proteína cruda de la dieta (%)	Digestibilidad de la dieta (%)
Pieper <i>et al.</i> 1959, borregos, Utah.	Moderado (37%)	1.9	6.0	48
	Intenso (75%)	1.6	5.8	38
Vavra <i>et al.</i> 1973, bovinos, Colorado.	Ligero (20%)	4.4	11.3	57
	Intenso (60%)	3.7	11.3	52

Fuente: Holechek *et al.* 1989.

Características físicas del pastizal

Se menciona que la precipitación es el factor más importante para el tipo y productividad de la vegetación de un área determinada, pero si ésta precipitación en pastizales de zonas áridas y semiáridas se encuentra por arriba de las 20 pulgadas las características del suelo pueden asumir mucho más importancia que este factor en la productividad de forraje. Holechek *et al.* (1989). Además los requerimientos de agua determinan la distribución de las plantas nativas dentro de una amplia región de adaptación, también influye en la abundancia y volumen de producción. Donde exista una continua falta de agua que no llene los requerimientos de las plantas, causará la desertificación en los pastizales. Y en donde exista una adecuada disponibilidad de agua en gran parte del año, pero una deficiencia en el resto, el pastizal usualmente se desarrollará (Bell, 1973).

En 11 estados del Oeste de Estados Unidos de América, el 80% del área recibe menos de 20 pulgadas en promedio anual. En México el 75% de las áreas reciben menos de 20 pulgadas de precipitación anualmente, y un 40% recibe menos de 10 pulgadas (Holechek 1989).

Martín *et al.*, (1995), realizaron un estudio en el desierto de Sonora para evaluar la cantidad de precipitación sobre la acumulación y descomposición de biomasa en zacate Buffel (*Pennisetum ciliare* L.), las observaciones en dicho estudio fueron hechas durante tres años y sugieren que la producción inicial de hojas se presenta siempre y cuando exista humedad en el suelo y una temperatura mínima que exceda los 15°C.

Cuando se presentó más de 150 mm de precipitación en los tres veranos estudiados, la producción de biomasa excedió 1,000 kg/ha y cuando la precipitación estuvo por debajo de los 150 mm, la producción de biomasa decreció a 500 kg/ha.

Aunque la precipitación es el factor limitante para determinar el tipo de vegetación de un área, la temperatura es el principal regulador de crecimiento de las plantas ya que tiene una fuerte influencia en las actividades fisiológicas de las plantas. (Bell, 1973). Los procesos vitales de la asimilación de las sustancias nutritivas que la planta arranca del suelo se inician de ordinario a partir de los 0°C, alcanzando el máximo a los 35°C, y paralizándose temporalmente al elevarse a los 45°C. En los climas relativamente fríos y muy fríos, con inviernos largos y veranos cortos, donde en pleno verano no pueden alcanzarse los 35°C de temperatura, difícilmente pueden

obtenerse máximas producciones de forraje como sucede en regiones bajas y climas templados, obligando al ganadero que quiere alimentar su ganado basándose en los forrajes a ampliar el área de cultivo en su explotación, o reduciendo el número de cabezas de ganado. Alarcón, (S/F)

El crecimiento de la planta depende de la energía en los azúcares simples, los cuales son producidos en el proceso fotosintético cuando la clorofila en las hojas verdes es expuesta a la luz solar. El aumento en las horas (días más largos) y las altas temperaturas en el día, inducen al pasto a aumentar su tasa fotosintética. Esta condición se da en los meses de primavera y verano, donde hay mayor tiempo de horas luz en comparación con otoño e invierno. Así, en los meses de mayor periodo de horas luz, existe una mayor producción de carbohidratos no estructurales en plantas jóvenes, disponibles para el consumo de los animales en apacentamiento. Hodgson, (1990).

Sistema de espectroscopía de reflexión cercana al infrarrojo (NIRS) una manera de predecir el valor nutritivo del forraje

Anteriormente los ganaderos e investigadores de zonas áridas tenían un gran problema e inclusive sigue siendo, poder estimar la calidad del forraje que consumen los animales en libre pastoreo. Esto ha llevado a que los investigadores desarrollen nuevas tecnologías que permitan evaluar de

forma precisa la calidad de los forrajes (Vázquez, 2004).

A principios de la década de los 90`s investigadores de la Universidad de Texas A&M, han desarrollado una técnica la cual hace uso de la aplicación del sistema de espectroscopía de reflexión cercana al infrarrojo NIRS (por sus siglas en inglés), para poder estimar la calidad de la dieta, de forma confiable y rápida además de ser de bajo costo, que permita al ganadero establecer un sistema de soporte de decisiones en cuanto al manejo de las pastas y de sus animales (GANLab, 2003).

El proceso del NIRS implica la exposición de muestras de heces secas y molidas a la energía luminosa. La intensidad de reflectancia es medida cuando atraviesa varios cientos de longitudes de onda cercana a la banda infrarroja. La reflectancia es influenciada por un número y tipo de enlaces químicos en las heces. Las longitudes de ondas primarias en ecuaciones de predicción aparecen en sociedad con la fibra y las fracciones microbianas de las heces. (GANLab, 2003).

Predicción de la calidad de la dieta

Lyons y Stuth (1992), realizaron un estudio donde tomaron muestras de dietas conocidas emparejadas con heces intactas de vacas apacentando

dentro de una amplia variedad de forrajes. Estos pares de dieta : heces fueron usadas para desarrollar un juego de datos de referencia para construir ecuaciones de predicción o calibración. Las ecuaciones fecales para la predicción de la calidad de la dieta fueron validadas contra hatos con calidades de la dieta conocidas. Las ecuaciones desarrolladas hasta la fecha parecen ser altamente confiables a través de un amplio espectro de los tipos de forraje. Actualmente, el GANLab puede predecir la proteína cruda dietética (%PC), y materia orgánica digestible (%MOD), así como el nitrógeno fecal (NF%), y el fósforo fecal (PF%) (GANLab, 2003).

Entonces, una alternativa es tener una herramienta de soporte de decisiones para , ya sea cambiar a los animales de pasta o potrero, reducir carga animal o, en el último caso, suplementar a costo efectivo (Vázquez, 2004)

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

(PC) y materia orgánica digestible (MOD).

Después de obtener los análisis anteriores procedieron a determinar los errores estándar de calibración y validación. Luego se procede a la determinación de los coeficientes de determinación de MOD y PC, y así se obtiene 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 indigestibles de la dieta (lignina, hemicelulosa, celulosa del parénquima, cutícula y tejido vascular), paredes celulares de las bacterias del rúmen y paredes celulares del tejido digestivo, residuos

de sustancias endógenas (enzimas digestivas, mucosas, etc.) y células epiteliales.

➤ La secreción de nitrógeno bacterial esta relacionado con la cantidad de energía fermentable en el animal.

➤ Las paredes celulares indigestibles de las bacterias del rúmen más las células de la 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 el 10 o 15 por ciento es de origen endógeno.

➤ 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), 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 del NIRS, en donde encontraron valores de proteína cruda y materia orgánica digestible similares para los dos grupos (**Cuadro 3**). Tolleson (2001), analizó muestras a través del NIRS y laboratorio encontrando resultados similares a lo reportado por Lyons *et al.* (1995), (**Figuras 2 y 3**)

Cuadro 3. 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.

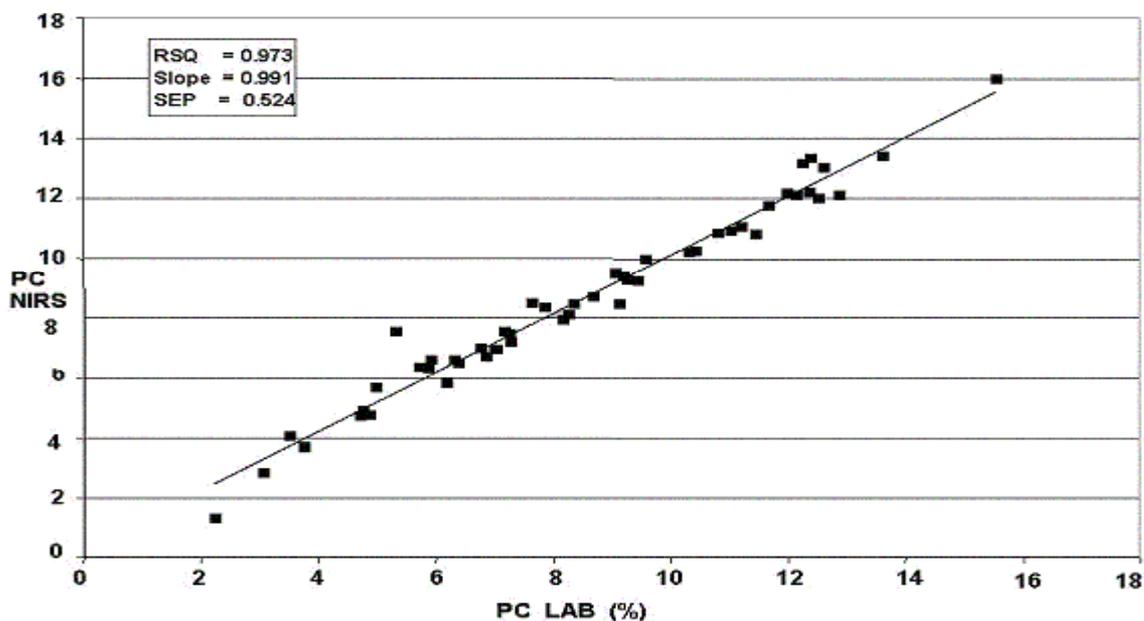


Figura 1. Pruebas de laboratorio contra NIRS en Plantas C⁴ para proteína cruda (PC). (Tolleson, 2001).

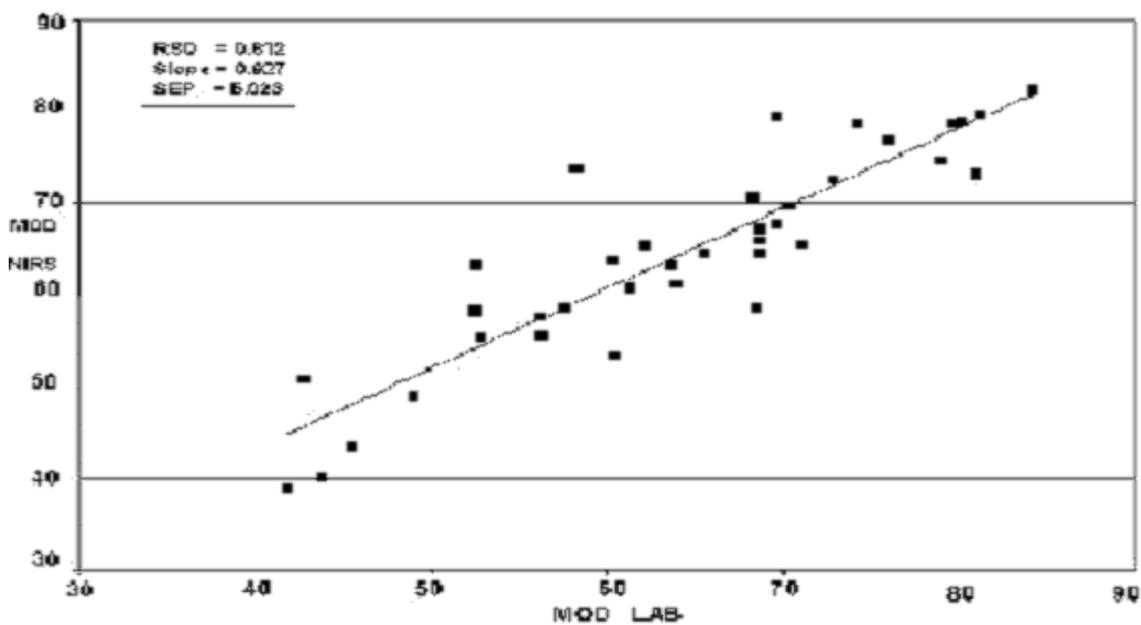


Figura 2. Pruebas de laboratorio contra NIRS en plantas C⁴, para materia orgánica digestible (MOD). (Tolleson, 2001).

Tolleson (2001), reporta el comportamiento de los pastizales de

Garfield Co. MT. USA, de 1995 a 2000, presentando en todos los años un comportamiento similar en cuanto a los porcentajes de proteína cruda y materia orgánica digestible (**Figura 4**).

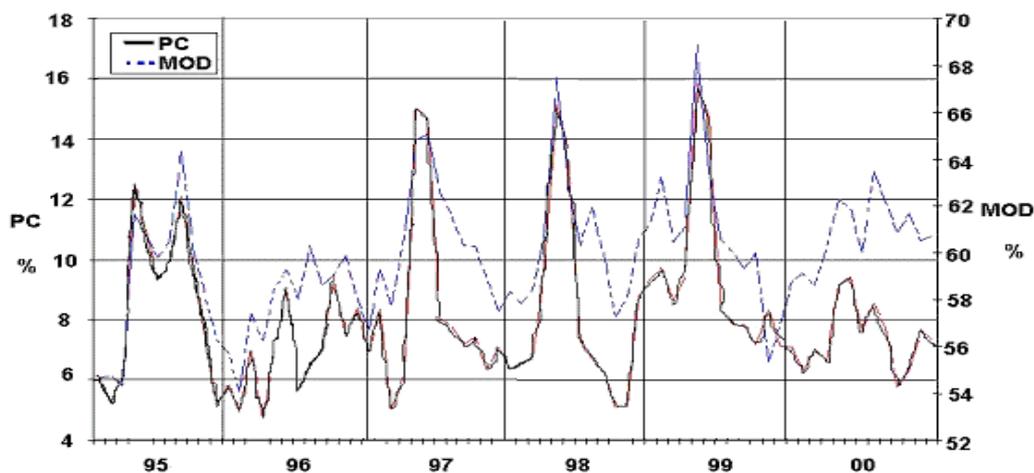


Figura 3. Calidad de la dieta de pastizales de Garfield Co. MT, USA. (Tolleson, 2001).

En comentario personal con el M. Sc. Wayne Hamilton de Texas A&M University, College Station, este sistema es utilizado en forma cotidiana por productores de mas de 500 ranchos en 23 estados de Estados Unidos de Norte América. En el extranjero se han establecidos laboratorios que dan el mismo servicio en Australia, cinco países de África y, se están estableciendo laboratorios en Argentina y Brasil (GANLab, 2003).

Enlazando el NIRS con los sistemas computacionales

La información de la calidad de la dieta puede ser enlazada con el

Sistema de soporte de decisiones Analizador de Balance Nutricional (NUTBAL).

Este software es una herramienta que permite al usuario ingresar el tipo, clase y raza del animal para ser monitoreado, caracterizar la condición corporal y las condiciones ambientales, establecer objetivos de peso corporal y después incorpora los resultados de la calidad de la dieta del NIRS. El programa produce un reporte del balance nutricional de proteína y de energía neta. Si existe deficiencia, el usuario puede usar el NUTBAL u otra herramienta analítica para determinar la cantidad de suplemento a un menor costo que solucione el problema (GANLab, 2003).

Colección y análisis de heces

Lyons y Stuth, (1991), mencionan que la obtención de muestras se inicia con la localización de cinco 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 100 gramos de heces introduciéndolas dentro de las bolsas zip-loc para posteriormente mezclarlas. Se etiqueta cada bolsa con un marcador, anotando el respectivo nombre o número de

potrero, fecha de colección y cualquier otro tipo de información pertinente para identificar la muestra. Por último se coloca la muestra dentro de una caja de polietileno con suficiente hielo que permita su conservación para su posterior envío al Grazing Animal Nutrition Laboratory (GANLab) de la Universidad de Texas A&M.

Estos mismos autores 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 debió haber sido calibrado con las ecuaciones de proteína cruda y materia orgánica digerible 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 cercana al infrarrojo 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 las heces. Las longitudes de onda primarias en las 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.

Utilización del NIRS

En México la primer empresa que utilizó el sistema NIRS para evaluar la calidad nutricional de sus productos y de las materias primas que utiliza para la elaboración de alimentos fue LALA (Bautista, 2002).

Eilers (2002), reporta 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 heces, se encontró que el 15% respondieron que, redujo el costo de suplementación, aumentó en tasa de concepción e incrementó el peso al destete.

Hunnicutt (2000), menciona un estudio para evaluar la calidad de la dieta a partir de heces por un periodo de dos años y la utilización de la información del NIRS para establecer un programa de suplementación.

En dicho estudio se utilizaron dos grupos de ganado lactantes en invierno y lactantes en primavera (10 animales por grupo), las heces fueron colectadas cada 15 días y enviadas al laboratorio de la Universidad de Texas A&M, para determinar la proteína cruda y materia orgánica digestible. Los resultados arrojados en cuanto a proteína fueron de 6% en los meses de agosto, septiembre y enero, para los meses posteriores alcanzó niveles de

hasta un 12% (abril), y en cuanto a la materia orgánica digestible del forraje los niveles más bajos se reportan en el mes de enero con 55% y los niveles más altos fueron en el mes de marzo con 63% esto para los dos grupos de animales.

Los cambios en condición corporal no presentaron diferencia significativa para ninguno de los dos grupos, y las diferencias que se presentaron fueron en las épocas de lactancia de cada grupo (primavera y verano). Así, concluyen que las predicciones obtenidas permiten tomar decisiones de suplementar proteína o energía dependiendo del nutriente deficiente.

Dale y Jolley, (2001) consultores del USDA del estado de California de USA 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 sus índices productivos de su ganado.

Bautista (2002), en un estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la suplementación proteica en vacas lactantes en la época de invierno en agostadero, y analizar el efecto asociativo a través de las heces en condiciones de rancho por medio del NIRS en el norte de México. En dicho estudio se utilizaron 24 hembras multíparas con un mes de paridas en promedio. Las cuales se dividieron al azar en dos grupos de 12 vacas, determinando de esta manera al tratamiento (GT) y testigo (Gt). Al tratamiento se le suplementó a razón de 1.3 kg en base húmeda. El suplemento era depositado en botes de 100 Kg., cada semana se colocaban 6 botes con suplemento, distribuyéndolos uniformemente en los potreros y que quedaran a una distancia de 500 metros mínima de los bebederos. El consumo del suplemento tal y como se ofreció fue estimado en 1.3 Kg. por animal por día.

Los resultados obtenidos son: al realizar un análisis de varianza (ANVA) para ganancia de peso y utilizar peso inicial como covariable, se

encontró una diferencia estadística significativa entre GT y Gt ($P < .061$), al presentarse una ganancia de peso del GT de cinco kilos, mientras el Gt perdió 13 Kg. la condición corporal (CC) no muestra una diferencia significativa ($P > .05$). La proteína cruda (PC) no mostró diferencia estadística entre tratamientos para la variable PC. La materia orgánica digestible (MOD) de los tratamientos muestran una diferencia significativa al ($P < 0.005$), en promedio la MOD de GT y Gt son 57 y 55.8 por ciento.

En este trabajo se concluye que el proporcionar 1.3 kilogramos de suplemento a base de harinolina, permite que las vacas lactantes en condiciones de rancho en el periodo de invierno obtengan mayores ganancias de peso sobre las vacas lactantes que no reciben ningún suplemento proteico.

Vázquez (2004), realizó un estudio en el cual determinó la relación entre el perfil nutricional del pastizal (análisis de heces) y las condiciones climáticas (precipitación, temperatura e insolación) con la condición corporal (CC) de bovinos para carne bajo condiciones comerciales de agostadero, utilizando el NIRS y el NUTBAL (Analizador del Balance Nutricional). Dicha investigación fue realizada en el rancho "La Salada" ubicado en el municipio de Jiménez, Coah. Se utilizaron 260 vacas, divididas en dos hatos, cada uno con 130 animales de dos a 10 años de edad, la raza se conformaba de la siguiente manera: $\frac{1}{2}$ de Simmental por $\frac{1}{2}$ de (Chaolais, Hereford y Brahaman). El área donde se realizó la investigación comprendió ocho pastas donde apacentaron ambos hatos con una superficie de alrededor de 662 hectáreas cada una, esto se realizó en un periodo de seis meses comprendido entre el mes de septiembre de 2003 al mes de marzo de 2004, en la cual se encontraron los siguientes resultados: las variables estudiadas fueron correlacionadas entre sí para observar la relación entre ellas y se realizó una ecuación de regresión simple, para el caso de proteína cruda (PC) sobre la condición corporal (CC) no hubo efecto significativo para ambos hatos la correlación fue de $r = .02$ y $r = .29$ para el hato uno y dos respectivamente. La materia orgánica digestible (MOD) tampoco tuvo efecto significativo la correlación de MOD y CC fue de $r = .22$ y $r = .29$ para los hatos uno y dos respectivamente. La correlación de PC y precipitación pluvial (PP) fue moderadamente positiva con una $r = .42$ para el hato uno, y fue negativamente baja para el hato dos con $r = -.20$; la correlación de PC y Temperatura (TMED) fue muy baja para el hato uno con $r = .20$ y una moderada correlación para el hato dos con $r = .43$; para el caso de la insolación la correlación fue aceptable para ambos hatos con $r = .51$ para el hato uno y $r = .74$ para el hato dos. Con esto se concluye que los efectos de las variables climatológicas tienen un efecto indirecto sobre la condición corporal.

Utilización del sistema de información geográfica ArcView 3.3

ArcView 3.3 es una herramienta desarrollada por la empresa estadounidense ESRI (Environmental Systems Research Institute). Con ella se pueden representar datos georreferenciados, analizar las características y patrones de distribución de esos datos y generar informes con los resultados de dichos análisis.

Las aplicaciones más comunes para ArcView 3.3 son, seleccionar un sitio, mapear y la visualización y análisis de datos.

Utilización del GPS (Global Positioning System)

El Global Positioning System (GPS) o Sistema de Posicionamiento Global originalmente llamado NAVSTAR, es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) el cual permite determinar en todo el mundo la posición de una persona, un vehículo o una nave, con una desviación de cuatro metros. El sistema fue desarrollado e instalado, y actualmente es operado, por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

El GPS funciona mediante una red de satélites que se encuentran orbitando alrededor de la tierra. Cuando se desea determinar la posición, el aparato que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo cuatro satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la posición y el reloj de cada uno de ellos. En base a estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el retraso de las señales, es decir, la distancia al satélite. Por "triangulación" calcula la posición en que éste se encuentra. La triangulación consiste en averiguar el ángulo de cada una de las tres señales respecto al punto de medición. Conocidos los tres ángulos se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta o coordenadas reales del punto de medición. También se consigue una exactitud extrema en el reloj del GPS, similar a la de los relojes atómicos que desde tierra sincronizan a los satélites.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Ubicación geográfica del rancho “San Antonio”

El rancho “San Antonio” propiedad de la Señora Alicia De Luna

Chavarría, en el cual el periodo de investigación estuvo entre los meses de Septiembre del 2003 a Septiembre del 2004.

El rancho “San Antonio” se encuentra localizado en el municipio de Piedras Negras, Coah. En el kilómetro 12 sobre el Callejón Piedras Negras-Remolino municipio de Piedras Negras, Coah, México. Entre las coordenadas $100^{\circ} 39' 00.6''$ de longitud oeste y $28^{\circ} 42' 54.5''$ de latitud norte, con 257 msnm (**Figura 5**).

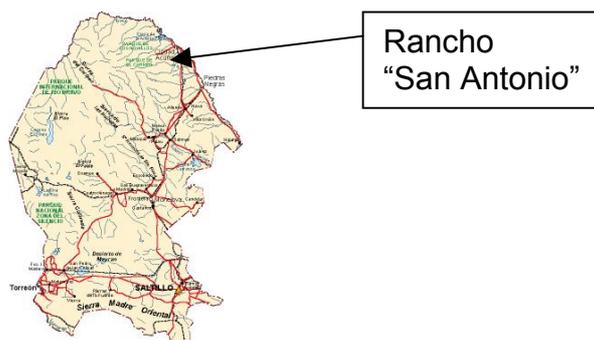


Figura 4. Localización geográfica del rancho “San Antonio”.

Clima

El clima de la región es: Bs hx´ (e) : clima seco, semicálido, extremoso con invierno fresco, lluvias escasas todo el año, con precipitación invernal superior al 10 por ciento.

Donde:

BS = El mas 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.

La temperatura media anual es de 20 a 22 °C y la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 300 a 400 mm, con régimen de lluvias en los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre; los vientos predominantes tienen dirección suroeste con velocidad de 15 a 25 km/Hr. La frecuencia de heladas es de 0 a 20 días y de granizadas de 0 a un día. Mendoza (1983).

Suelo

En el área de estudio se identifican dos tipos de suelo principalmente:
 1) Xerosol: suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o en carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión. 2) Rendzina: tiene una capa superficial rica en materia orgánica que descansa sobre roca caliza y algún material rico en cal, es arcilloso y presenta moderada susceptibilidad a la erosión.

La mayor parte del municipio es utilizado para la ganadería, la agricultura y el área urbana comprende un territorio de menores dimensiones.

Vegetación

El tipo de pastizal que se presenta en el rancho en estudio es: matorral medio espinoso. Este tipo de pastizal presenta un conjunto de arbustos medianos, de 1 a 2 metros de altura (cuando el rancho presenta derramaderos con acumulación de humedad suele formarse un matorral con individuos de hasta 4 metros de altura), provistos de hojas o folíolos pequeños y espinas. Las especies que caracterizan esta comunidad vegetal son: chaparro prieto (*Acacia rigidula*), guajillo (*Acacia berlandieri*), gatuño (*Acacia greggii*), mezquite (*Prosopis glandulosa*, sp. *juliflora*), huizache (*Acacia farnesiana*), chaparro amargoso (*Castela texana*), zacate mezquite (*Hilaria belangeri*), z. Toboso (*Hilaria mutica*), nopal kakanapo (*Opuntia*

lindheimeri).

Dentro de las especies con alto valor forrajero y deseables para la ganadería encontramos: zacate rizado (*Panicum hallii*), z. Banderita (*Bouteloua curtipendula*), navajita azul (*Bouteloua gracilis*), navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*), navajita roja (*Bouteloua trifida*), z. Tempranero (*Setaria macrostachya*), z. Escobilla (*Leptoloma cognatum*), z. Gigante (*Leptochloa dubia*), z. Toboso (*Hilaria mutica*) y z. Punta blanca (*Trichachne californica*).

Dentro de las especies no aptas para la ganadería, pero con valor ecológico y faunístico, se encuentra: z. Tridente (*Tridens muticus*), zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*), z. Amor (*Eragrostis trichodes*), z. Pata de gallo (*Chloris verticillata*), z. Galleta (*Hilaria jamesii*), z. Plumerillo (*Pappophorum mucronulatum*), z. Punta blanca (*Andropogon saccharoides*), z. Popotillo plateado (*Bothriochloa laguroides*), además de : ramoncillo o engorda cabra (*Dalea tuberculata*), cosahui o ebanillo (*Calliandra ariphylla*).
COTECOCA, (1979).

Características del rancho “San Antonio”

El rancho cuenta con una extensión de 2612 ha (**Figura 6**). Dividas en 8 pastas o potreros, de las cuales siete estuvieron sujetas a estudio ; dichas pastas cuentan con una superficie aproximada de 327.6 has. Cada pasta tiene dos agujas, saladeros y un sistema de arbustos que forman un derramadero, además el rancho cuenta un corral de manejo.

Al inicio de esta investigación el rancho contaba con 142 animales, divididos en tres hatos con un rango de 4 a 10 años de edad, los hatos estaban

divididos según su estado fisiológico encontrando que el primer hato contaba con 59 vacas preñadas no lactantes, el segundo con 39 vacas preñadas lactantes y último hato con 42 vaquillas de uno a dos años de edad. Los dos primeros hatos recibieron un manejo en los últimos días de marzo, al iniciar el mes de abril estos hatos (uno y dos) se habían dividido en cuatro hatos disminuyendo la carga animal a la mitad. Además de la producción bovina, el rancho contaba con un hato de ganado caprino y otro de ganado equino. El sistema que maneja es el de vaca- becerro, teniendo como principal objetivo la venta de becerros destetados hacia los Estados Unidos. El rancho maneja dos empadres el primero lo efectúa del primero de Mayo al 31 de julio y el segundo del primero de Noviembre al 15 de Enero.

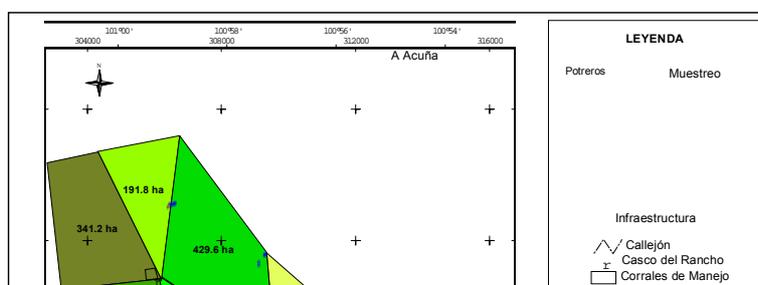


Figura 5. Mapa del rancho “San Antonio”.
Características de los animales utilizados

Para esta investigación se utilizaron animales de los tres hatos. Los animales son producto de varias cruces, para conformar una raza híbrida, esta raza presenta la siguiente conformación: un $\frac{1}{2}$ de Red Angus, por un $\frac{1}{4}$ de Bradford y un $\frac{1}{4}$ de Limousin . Al inicio del estudio los animales estaban a dos meses de haber iniciado el primer empadre del año y para el final del monitoreo se encontraban en la misma etapa de empadre del año 2004.

Materiales de muestreo

Los materiales utilizados para el muestreo fueron los siguientes:

- Bolsas de plástico Zip- Loc (250 o 500 g)
- Hielo para conservar en buen estado las muestras colectadas
- Hielera

- Congelador para preservar las muestras hasta su posterior envío al GANLab en Texas A&M University
- Caja de poliestireno
- Bolsas de hielo seco o gel congelado
- Formato de información de muestra del laboratorio GANLab
- Cinta adhesiva y etiquetas de correo
- Marcador permanente
- Cámara fotográfica digital
- Geoposicionador satelital (GPS)

Métodos

Colección de datos del GPS

Los datos de la localización geográfica de las heces en el espacio fue hecha en los días de cada muestreo, al tomar las muestras de heces se tomaron también las lecturas georreferenciadas, para esto se utilizó un GPS WHISTLER GALILEO GPS100, el número de datos corresponde al número de heces colectadas que fueron 10 por cada hato muestreado en el rancho "San Antonio".

Colección de heces

Se colectaron las muestras de heces aproximadamente cada 30 días a partir del 13 de septiembre del 2003 hasta el 17 de septiembre del 2004. Se tomaron 10 muestras de heces por hato, tomando en cuenta que fueran lo más recientes posible, además se procuro que estuvieran libres de

cualquier elemento extraño como insectos, tierra, piedras, agua de lluvia, etc., (esto para no afectar las lecturas del NIRS) con un peso aproximado de 100 gr c/u, colocándolas dentro de las bolsas zip-loc con su correspondiente identificación, y puestas en hielera para su conservación hasta el congelador y su posterior envío al GANLab de Texas A&M University College Station para su análisis.

Previó al envío de las heces, se hizo una muestra compuesta de 50 gramos, procedente de las 10 heces de cada hato para cada muestreo. Las bolsas de las muestras compuestas se etiquetaron con un marcador, anotando el nombre del potrero, fecha de recolección y estado fisiológico de los animales. Se colocaron las muestras frías en la caja de poliestireno con suficiente hielo.

Después se congelaron las bolsas de gel y etiquetaron las cajas de poliestireno con la dirección de la UAAAN y del GANLab.

Análisis de heces

Las heces fueron enviadas al laboratorio GANLab de la Universidad de Texas A&M para su análisis por medio del NIRS, donde los procedimientos de procesamiento del GANLab son los siguientes:

1. Al tiempo de recibir la muestra fecal, la información en los formatos es introducida en la base de datos del GANLab y asignada con un número de muestra. Después, la muestra es colocada en un pequeño traste de papel encerado y colocada en un horno de

secado para extraer toda la humedad de la muestra.

2. Después de que la muestra ha sido secada por 24 hrs. Es molida a un tamaño uniforme de 1 mm.
3. Las muestras son entonces colocadas en un pequeño sobre y regresadas al horno de secado por otras 24 hrs. para remover el restante de humedad y estabilizar la muestra antes de la lectura.
4. Las muestras son removidas del horno y una porción representativa de la muestra es depositada en pequeñas copas anulares metálicas con una cara de vidrio de cuarzo.
5. Finalmente, las copas anulares son colocadas en la máquina NIRS serie 6500 y escaneada utilizando la espectrometría. La cara de vidrio es expuesta a una energía ligera y la intensidad de reflectancia de diferentes cientos de longitudes de ondas en la banda cercana al infrarojo es medida. Los valores del espectro son entonces correlacionados con las ecuaciones desarrolladas de diferentes juegos de calibraciones.

Datos de condiciones climáticas

Los datos de precipitación, temperatura e insolación (**cuadros 4 y 5**) y de otros datos meteorológicos fueron obtenidos del observatorio de la Comisión Nacional del Agua (CNA 2003 y 2004) del municipio de Piedras Negras, Coahuila, México.

Cuadro 4. Datos de precipitación total, temperatura promedio e insolación promedio en el periodo de septiembre de 2003 a marzo de 2004.

	Septiembre 2003	Noviembre 2003	Diciembre 2003	Enero 2004	Febrero 2004	Marzo 2004
Precipitación Total (Pulg)	6.0	0.2	0.0	1.7	0.3	2.6
Temperatura Promedio (°C)	25.0	14.4	13.5	13.2	14.0	20.4
Insolación Promedio (Hrs)	5.4	4.6	6.6	3.5	5.6	4.6

Cuadro 5. Datos de precipitación total, temperatura promedio e insolación promedio del periodo de marzo de 2004 a septiembre de 2004.

	Abril 2004	Mayo 2004	Junio 2004	Julio 2004	Agosto 2004	Septiembre 2004
Precipitación Total (Pulg)	7.6	0.3	2.4	2.9	0.7	0.3
Temperatura Promedio (°C)	20.3	24.9	28.9	29.9	30.7	27.7
Insolación Promedio (Hrs)	5.4	6.9	7.1	8.6	8.3	7.3

Utilización de un sistema de información geográfica

En cada muestreo de heces, se llevo a cabo la recolección de datos georreferenciados por medio del GPS WHISTLER GALILEO GPS100, los cuales fueron procesados en una hoja de calculo de Microsoft Excel para posteriormente ser incorporada al programa ArcView 3.3 para la elaboración de los mapas que describen el comportamiento de la calidad de la dieta en forma gráfica del rancho "San Antonio" para el periodo de septiembre de 2003 a septiembre de 2004.

Descripción del diseño experimental

Análisis de correlación

Entendida como la relación entre dos variables (x e y) de una distribución bidimensional, se mide mediante el coeficiente de correlación, r (ρ).

Si los datos de la distribución son $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, el coeficiente de correlación se obtiene mediante la fórmula:

$$\rho = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

en donde σ_{xy} es la covarianza, y σ_x, σ_y son las desviaciones típicas de las dos variables.

El valor del coeficiente de correlación oscila entre -1 y 1 ($-1 \leq r \leq 1$). En cada caso concreto, el valor de r indica el tipo de relación entre las variables x e y.

Cuando $|r|$ es próximo a 1, la correlación es fuerte, lo que significa que las variaciones de una de las variables repercuten fuertemente en la otra. Mientras que si $|r|$ es próximo a 0, la correlación es muy débil y las variables están muy poco relacionadas.

Estimación de la ecuación de regresión

Entendida como la recta que marca la tendencia de la nube de

puntos, si la correlación es fuerte (tanto positiva como negativa), los puntos de la nube están próximos a una recta. Cuando $|r|$ es próximo a 1, la recta de regresión sirve para realizar estimaciones fiables de una de las variables para nuevos valores de la otra variable.

La recta de regresión de X sobre Y es aquella $\hat{Y} = a + bx_i$ para la cual la suma de los cuadros de las desviaciones en el sentido de las abscisas de cada punto a ella es mínima.

Así, el modelo estadístico usado y determinado por la computadora fue:

$$\hat{Y}_1 = A + B X_i \text{ (regresión simple)}$$

$$\hat{Y}_1 = A + B_2 X_i + B_2 X_2 + B_3 X_3 + \dots B_n X_n \text{ (regresión múltiple)}$$

Donde:

\hat{Y}_i = Variable dependiente, que fue la proteína cruda.

A = constante de la ecuación de regresión.

B = coeficiente de regresión parcial para la variable independiente.

X_i = Variable independiente, en este caso fueron la materia orgánica digestible, condición corporal y las variables climatológicas (precipitación total, temperatura e insolación).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que a continuación se muestran fueron obtenidos de observaciones hechas durante el periodo de investigación desde el 13 de septiembre del 2003 al 17 de septiembre del 2004.

Variables nutricionales (pc y mod)

En las **figuras 6, 7 y 8**, presentan las tendencias de las variables del perfil nutricional por cada muestreo mensual, proteína cruda (PC) y materia orgánica digestible (MOD) y la condición corporal promedio (CC) de hatos 1, 2 y 3.

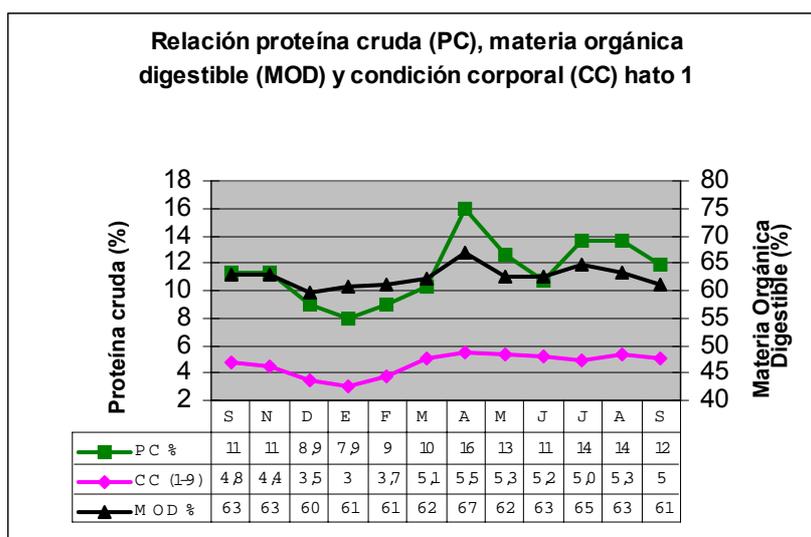


Figura 6.
Relación
proteína
cruda

(PC), materia orgánica digestible (MOD) y condición corporal (CC) para el hato 1.

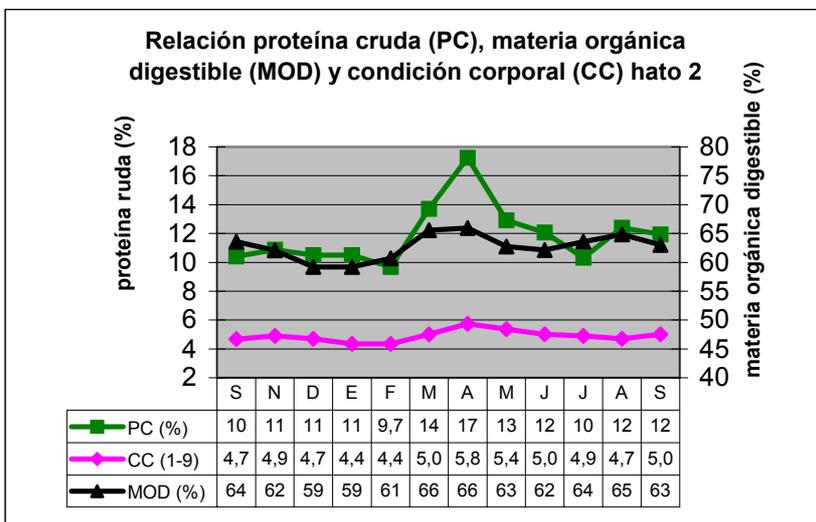


Figura 7. Relación proteína cruda (PC), materia orgánica digestible (MOD) y condición corporal (CC) para el hato 2.

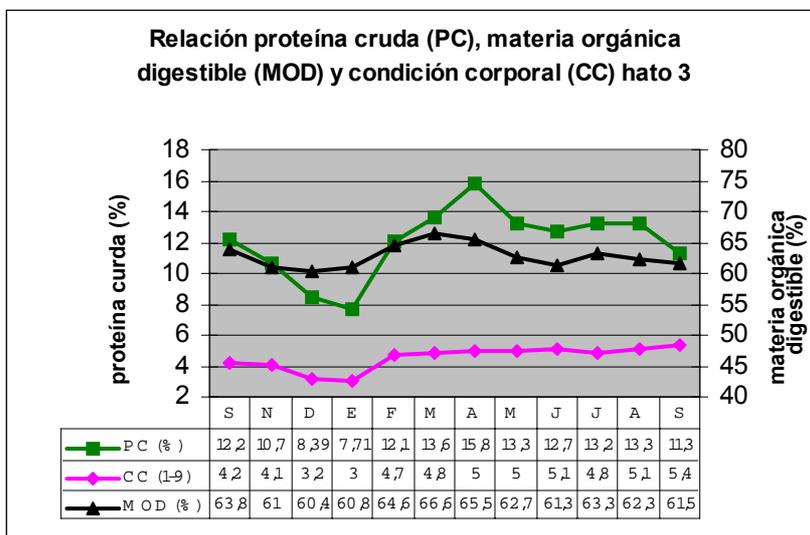


Figura 8. Relación proteína cruda (PC), materia orgánica digestible (MOD) y condición corporal (CC) para el hato 3.

La tendencia de la condición corporal (CC) para el hato 1, fue constante a partir del mes de marzo teniendo el punto mas alto en el mes de abril con 5.5 grados de CC. En los meses de otoño e invierno la condición corporal se presentó en forma decreciente llegando a su punto mas bajo en el mes de enero con tres grados.

El perfil nutricional presentó variaciones marcadas en los meses de invierno y primavera; para el caso de la proteína cruda (PC) el punto mas bajo fue en el mes de enero con 7.93 % y el punto mas alto en el mes de abril con 16%, la materia orgánica digestible (MOD) presentó una tendencia similar a la variable anterior teniendo su punto mas bajo en el mes de diciembre con 59.62 % y su punto mas alto en el mes de abril con 66.97 %.

La CC para el hato 2, presentó un descenso a partir del mes de noviembre llegando a su punto mas bajo en el mes de febrero con 4.4 grados, la tendencia posterior fue a incrementarse teniendo su punto mas

alto en el mes de abril con 5.8 grados. En los meses posteriores la tendencia de la CC se mantuvo en un rango constante.

El perfil nutricional presentó variaciones marcadas en los meses de invierno y primavera, para el caso de PC el valor mínimo fue de 9.7 % en el mes de febrero; y el valor máximo fue de 17.3 % obtenido en el mes de abril, en los meses siguientes y hasta la finalización de la investigación los valores estuvieron en un rango de 10-13%. La MOD presentó variaciones similares al nutrimento anterior presentando el valor mínimo en el mes de diciembre con 59.2 % y su punto mas alto en los meses de marzo y abril con 65.56 % y 65.96 %, respectivamente.

La CC para el hato 3 en los meses de otoño e invierno fueron bajos para este hato, teniendo el valor mínimo en el mes de enero con tres grados, posteriormente fue incrementándose conforme llegaba la primavera presentando su punto mas alto en abril con cinco grados, para los meses siguientes la CC se mantuvo en un promedio de cinco grados.

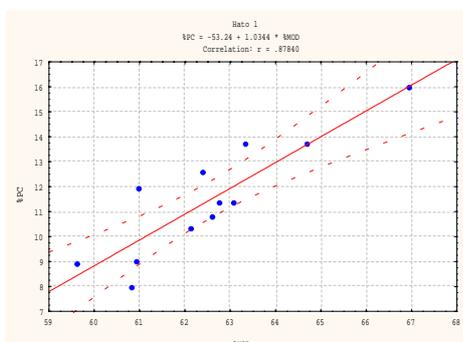
El perfil nutricional presentó una tendencia similar al hato 2 tanto para la proteína cruda como para la materia orgánica digestible, presentando los valores mas bajos en los meses de invierno y su punto mas alto en los meses de primavera. La PC presentó en el mes de enero el valor mas bajo con 7.71 % y el valor mas alto en el mes de abril con 15.80 %. Para el caso

de la MOD, el valor mas bajo se presento en los meses invernales de diciembre y enero con valores de 60.90 y 60.80 % respectivamente; y el mes de marzo presentó el valor mas alto con 66.60 % de MOD.

Lyons *et al.* (1995), mencionan en un estudio donde el objetivo fue validar la calidad de la dieta de bovinos en pastoreo extensivo, donde se utilizaron 3 pastizales nativos y una pradera artificial de Rye Grass (*Lolium perenne* L.), donde los valores mas bajos de PC y MOD ocurrieron en el mes de febrero con 6.3 % y 53.8 %, respectivamente; así mismo los valores mas altos para estas variables ocurrieron en el mes de marzo con 27.3 % de PC y 77.0 % de MOD esto después de que la pradera artificial fue fertilizada. Estos resultados muestran tendencias similares a los presentados para los tres hatos de la presente investigación en cuanto a valores de PC y MOD.

Hunnicut *et al.* (2000), reportan valores de 5 % de PC y 55 % de MOD en el mes de enero, teniendo una similitud muy estrecha con los encontrados en este estudio donde se presentan valores de 7.93 y 7.71 % de PC así como 60.8 % de MOD. Lyons *et al.* (1995) mencionan que la calidad de la dieta expresada en términos de PC y MOD aumentan conforme va entrando la primavera.

En el análisis de correlación se encontró que existe una relación



estrecha entre las variables estudiadas mostrando los siguientes resultados.

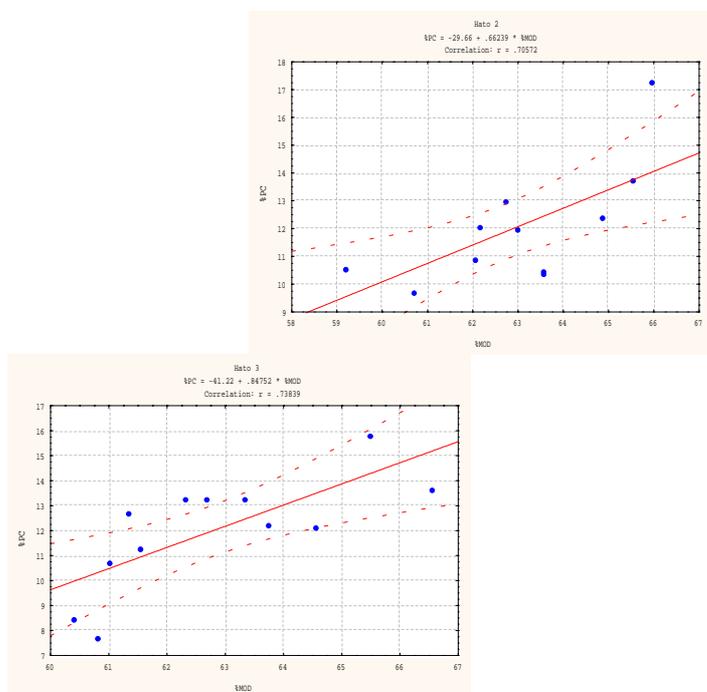


Figura 9. Diagramas de dispersión y ecuación de predicción para la relación PC- MOD para los hatos 1, 2 y 3.

Para el caso de la Proteína Cruda (PC) y Materia Orgánica Digestible (MOD) del hato 1 la correlación fue de $r = .88$ con alta significancia al ($p < 0.05$); y en el análisis de regresión múltiple se obtuvo una $r^2 = .90$, para el caso del hato 2, se obtuvo una correlación menor pero muy significativa al ($p < 0.05$), con una $r = .71$, el análisis de regresión múltiple muestra una $r^2 = .89$, considerándose este valor muy alto. Estos valores muestran la estrecha relación entre estas dos variables. En el hato 3, se encontró una tendencia similar a los hatos anteriores, mostrando una $r = .74$ con alta significancia a la ($p < 0.05$), y una $r^2 = .92$, estos resultados muestran que la MOD tiene una

estrecha relación con la PC, a mayor MOD se tendrán valores crecientes de PC.

VARIABLES CLIMATOLÓGICAS

Proteína cruda – precipitación total (PC-PPT)

La precipitación total (PPT) durante el periodo de investigación fue catalogado como excelente, a comparación de años anteriores. La correlación entre PPT con PC para el hato 1 fue alta con $r = 0.63$, para el caso de los hatos 2 y 3 se obtuvieron los siguientes resultados $r = 0.38$ y $r = 0.48$ respectivamente, esta correlación fue significativa ($p < 0.05$) para el hato uno, no siendo así para el hato 2 y 3.

En las figuras 10, 11 y 12 se muestran las tendencias de la precipitación total, la condición corporal y la proteína cruda.

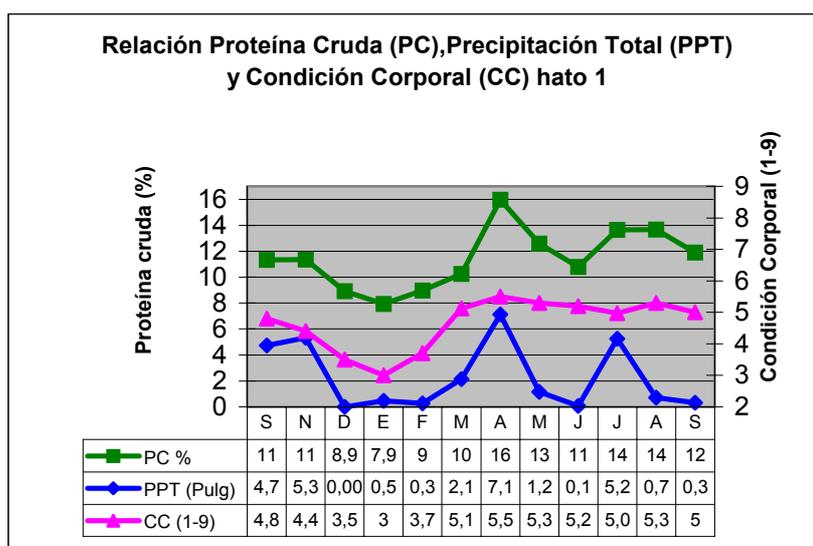


Figura 10. Relación proteína cruda (PC), precipitación total (PPT) y condición corporal (CC) para el hato 1.

Se señala que la humedad es el factor determinante en el desarrollo de los pastizales, cuando existe una deficiencia de este factor los pastizales tienden a desertificarse y cuando la humedad es favorable los pastizales se desarrollan de forma adecuada (Bell, 1975).

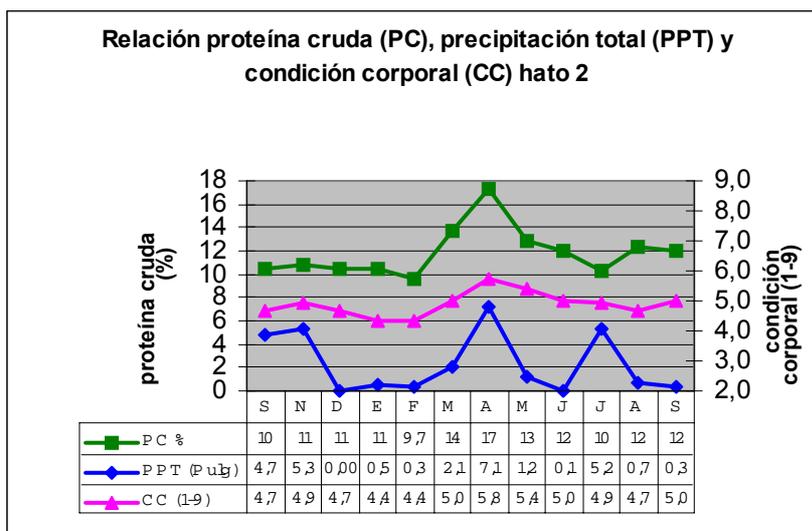
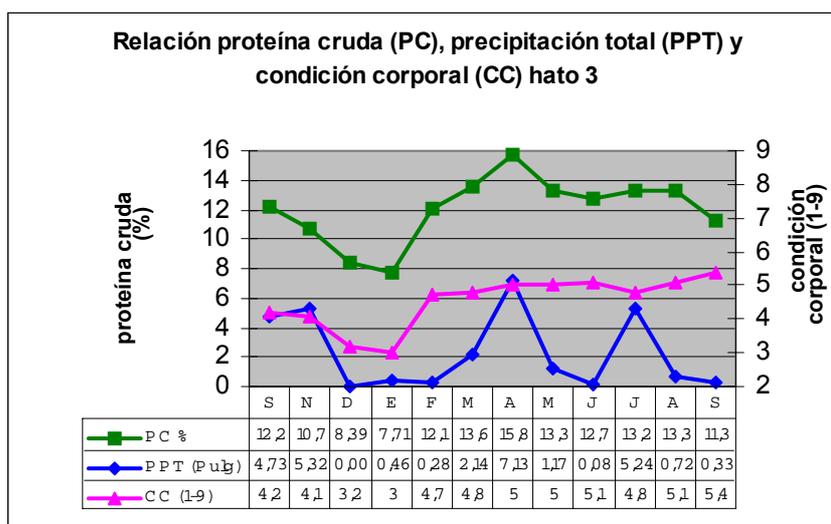


Figura 11. Relación proteína cruda (PC), precipitación total (PPT) y condición corporal (CC) para el hato 2.



12.

Relación proteína cruda (PC), precipitación total (PPT) y condición corporal (CC) para el hato 3.

Figura

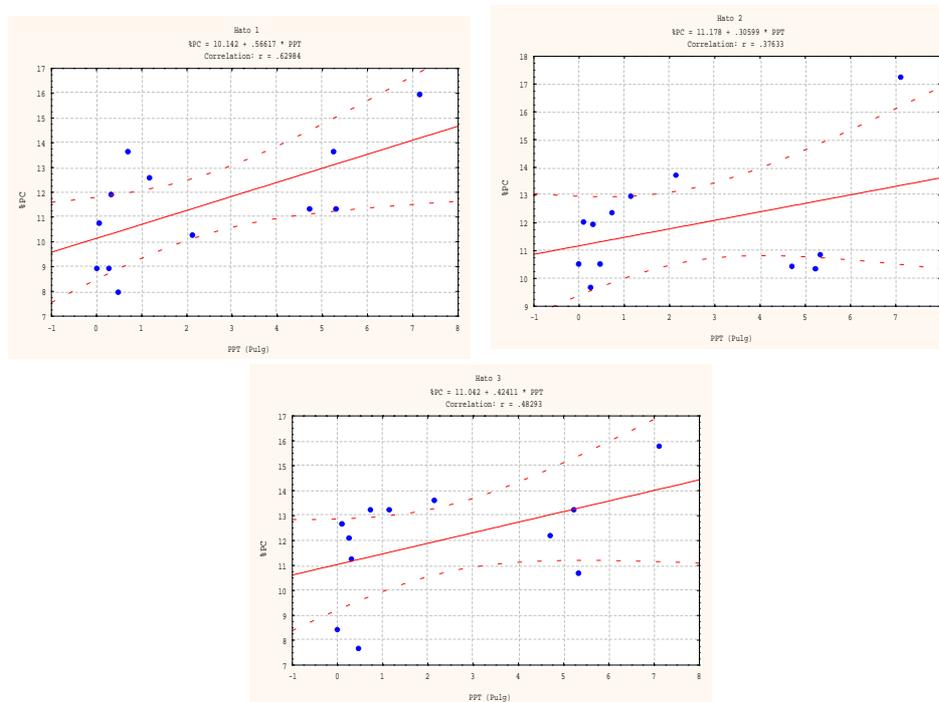


Figura 13. Diagramas de dispersión y ecuación de predicción para la relación PC- PPT para los hatos 1, 2 y 3.

Vázquez (2004), muestra correlaciones similares a las encontradas en el presente estudio para las variables PC y PPT con $r = .44$ para y $r = .64$ para los dos hatos estudiados ($p < 0.05$).

Proteína cruda – temperatura (PC- TEM)

La temperatura tuvo una correlación positiva alta para el hato 1 siendo esta de $r = 0.59$, para el hato 2 muestra una correlación muy débil el análisis muestra una $r = 0.09$, y para el hato 3 fue positivamente alta con $r = 0.55$. Estos resultados muestran que la temperatura tiene una relación directa con la PC, en este estudio las temperaturas promedio que fueron utilizadas están dentro de un margen donde las plantas están en un estado de confort mismo que tuvo un efecto positivo en la actividad biológica de las plantas (Figuras 14, 15 y 16).

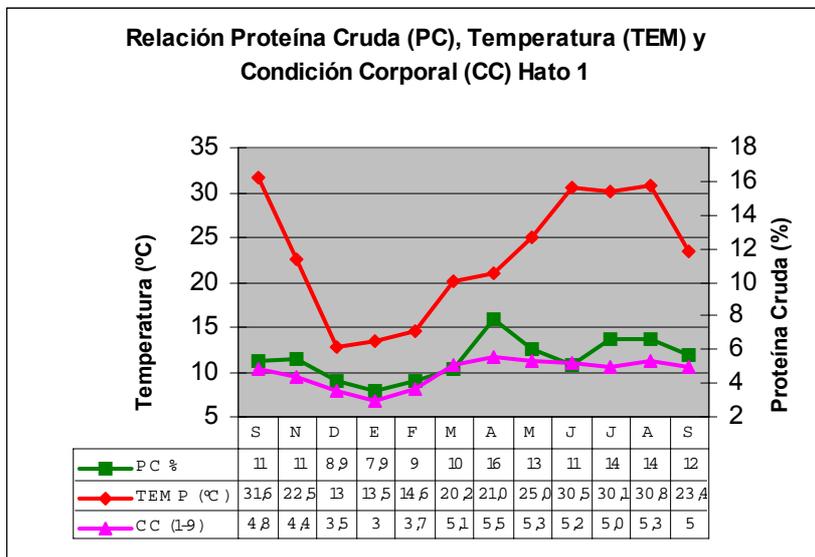


Figura 14. Relación

proteína cruda (PC), temperatura (TEM) y condición corporal (CC) para el hato 1.

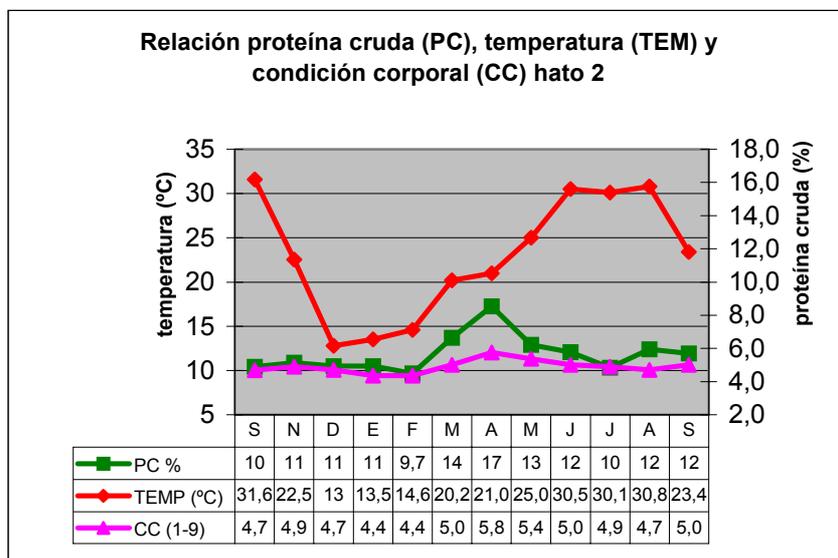


Figura 15. Relación proteína cruda (PC), temperatura (TEM) y condición corporal (CC) para el hato 2 .

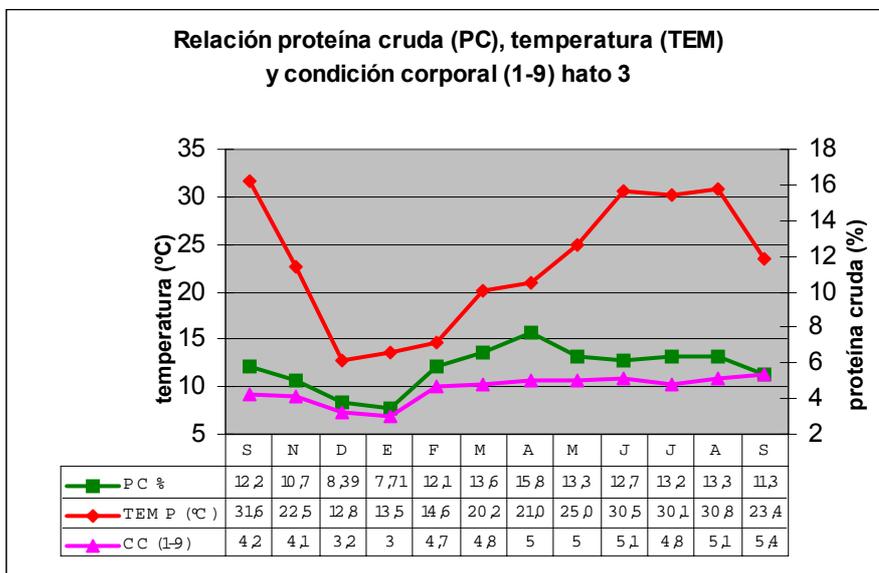


Figura 16. Relación proteína cruda (PC), temperatura (TEM) y condición corporal (CC) para el hato 3.

Vázquez (2004), reporta la correlación que existe entre la PC y la TEM siendo esta de $r = .20$ para el hato 1 y $r = .43$ para el hato 2 ($p < 0.05$).

En un estudio realizado en California en el año de 1974 se menciona que el limitante principal para la producción de forraje a nivel de pastizal fue la temperatura. Hufstader, (1974). Citado por Hufstader, (1976).

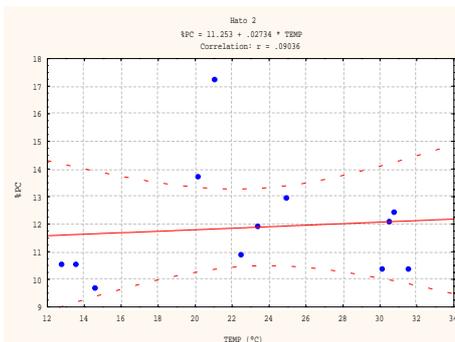
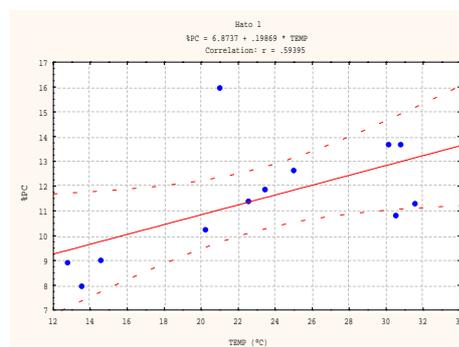
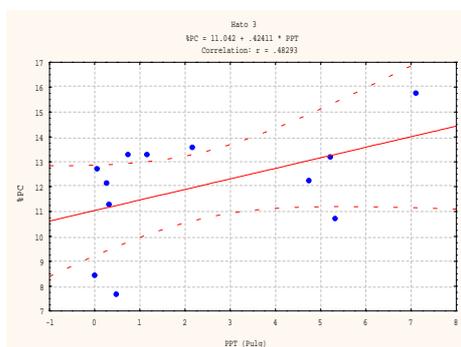
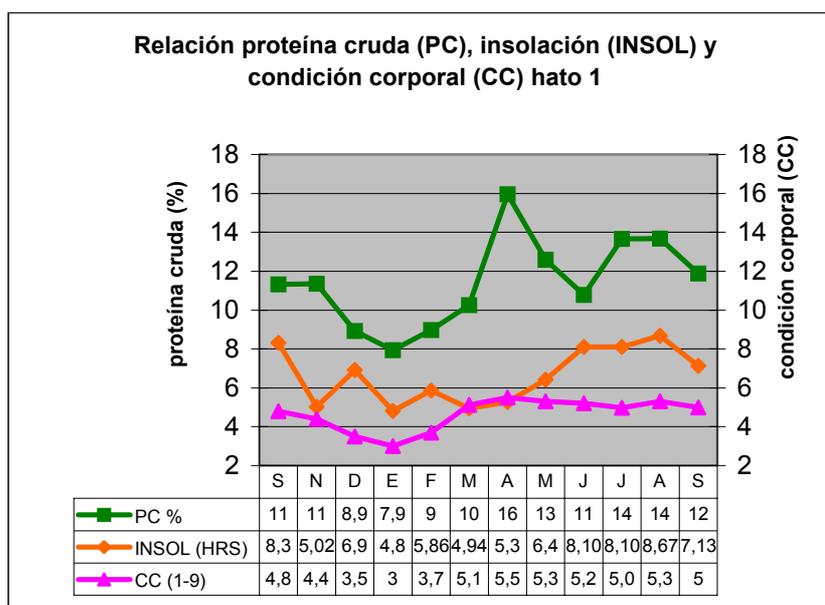


Figura 17. Diagramas de dispersión y ecuación de predicción para la relación PC- TEM para los hatos 1, 2 y 3.

Proteína cruda – insolación (PC-INSOL)

La insolación presenta una correlación positivamente baja para los hatos 1 y 3, siendo esta de $r = .28$ para el hato 1 y $r = .17$ para el hato 3; en el caso particular del hato 2 la correlación hecha se presentó en forma negativa moderada con $r = -.26$. Aparentemente la Insolación no tiene un efecto directo sobre la PC, pero esta si tiene un efecto directo en los forrajes que son consumidos por el ganado, ya que a mayor cantidad de luz que reciba una planta mayor será la actividad fotosintética y esto llevará a una mayor producción de forraje.

En las figuras 18, 19 y 20 se muestra la relación entre la insolación con la proteína cruda y la condición corporal de los animales durante el periodo de estudio.



Figura

18. Relación proteína cruda (PC), insolación (INSOL) y condición corporal (CC) para el hato 1.

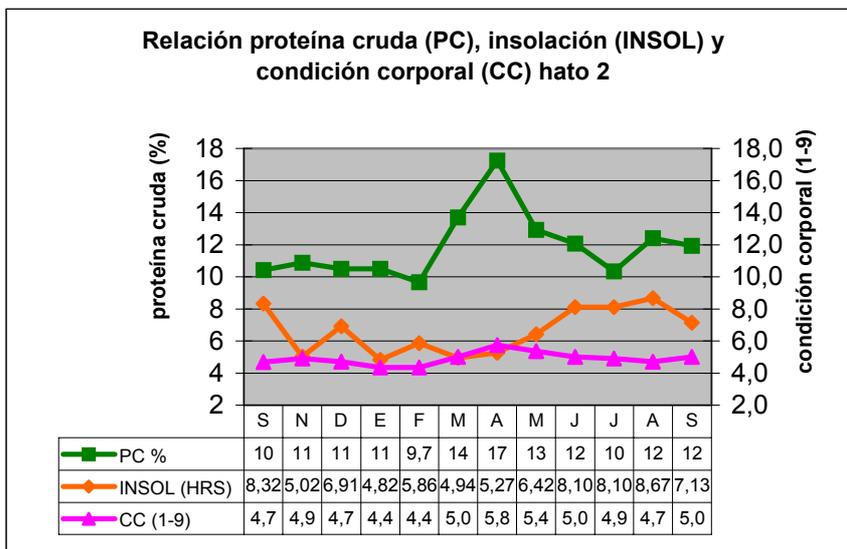


Figura 19. Relación proteína cruda (PC), insolación (INSOL) y condición corporal (CC) para el hato 2.

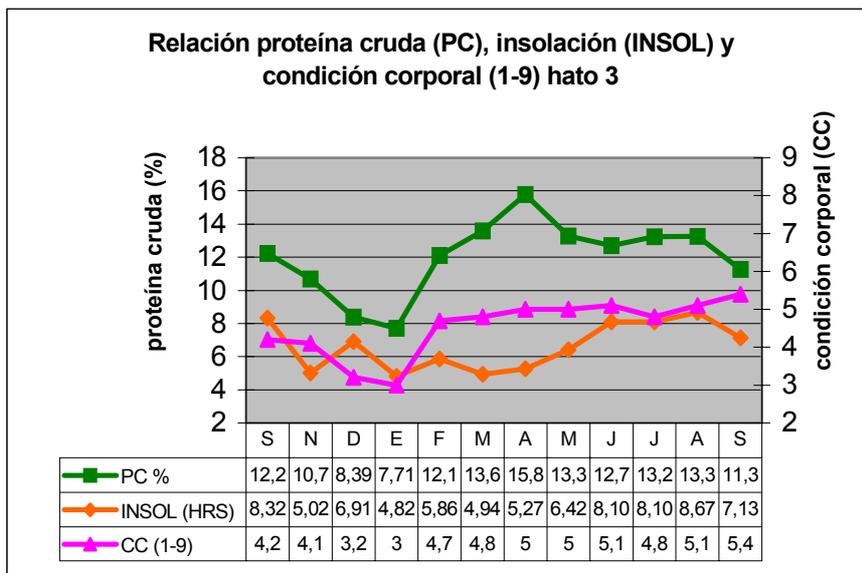


Figura 20. Relación proteína cruda (PC), insolación (INSOL) y condición corporal (CC) para el hato 3.

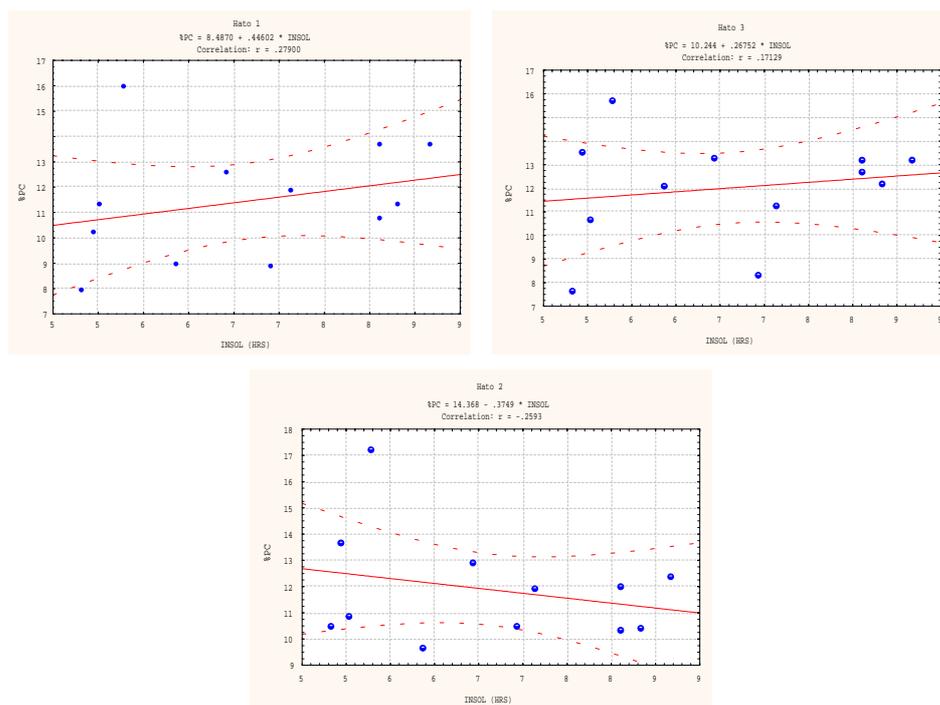


Figura 21. Diagramas de dispersión y ecuación de predicción para la relación PC- INSOL para los hatos 1, 2 y 3.

Proteína cruda – condición corporal (PC – CC)

Los análisis de correlación y regresión múltiple muestran que la CC esta ligada a la PC que los animales consumen en estas condiciones de agostadero, las cifras que arrojó el programa estadístico fueron las siguientes; $r = .82$, $r = .89$ y una $r = .82$ para los hatos 1, 2 y 3 respectivamente, con una significancia al ($p < 0.05$); y una $r^2 = .90$ para el hato 1, $r^2 = .93$ para el hato 2 y una $r^2 = .92$ para el hato 3. Estos resultados indican que a medida que la proteína cruda aumenta la condición corporal de los animales se incrementará de igual forma.

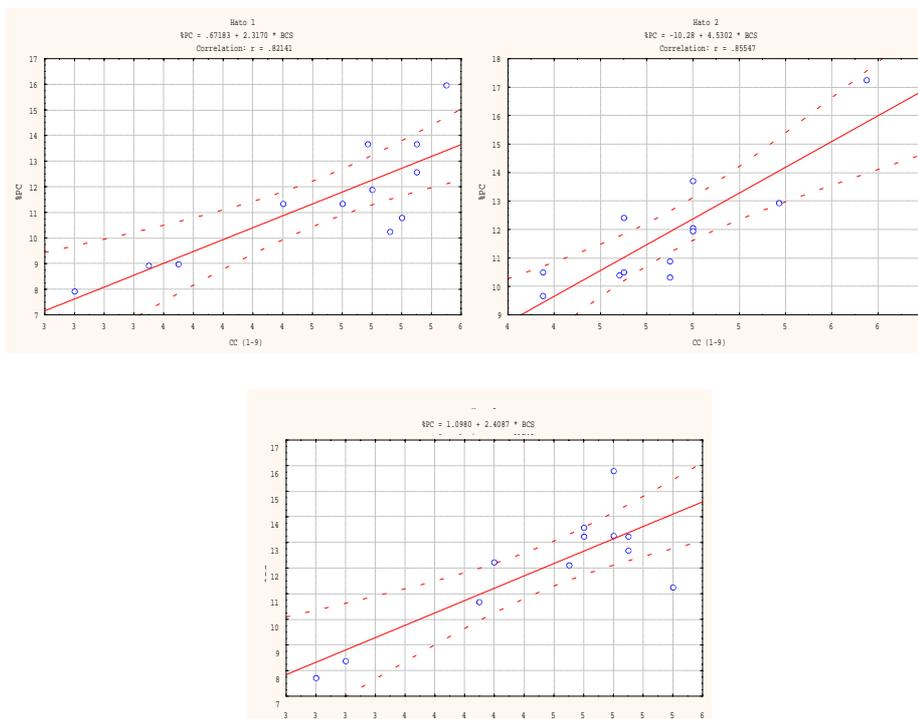


Figura 22. Diagramas de dispersión y ecuación de predicción para la relación PC- CC para los hatos 1, 2 y 3.

Vázquez (2004); reporta correlaciones para estas variables diferentes a

las reportadas en el presente estudio, muestra que la correlación de PC sobre la CC es nula con una $r = 0.02$ y $r = 0.29$ para los dos hatos en dicho estudio.

Los resultados anteriormente expuestos fueron analizados para cada hato, al conjuntarse todos los datos de las variables estudiadas para observar el comportamiento de las mismas, mostraron tendencias similares a las obtenidas en cada uno de los hatos estudiados por separado. Los datos que se obtuvieron después de haber sido procesados por el programa estadístico se muestran a continuación.

La correlación de la proteína de proteína cruda y materia orgánica digestible fue de $r = .78$, para el caso de condición corporal fue de $r = .77$, para precipitación total fue de $r = .49$, para temperatura fue de $r = .40$, estas correlaciones fueron altamente significativas al ($p < 0.05$), para el caso de insolación la correlación fue de $r = .05$ siendo nula y además no presentó significancia ($p < 0.05$), la regresión múltiple arrojada por el programa estadístico donde se tomó la proteína cruda como variable dependiente y el resto de las variables como independientes fue de $r^2 = .80$.

Estos resultados muestran que al analizar las variables en estudio por hato, se comportan de manera diferente lo que hace suponer que existe una variabilidad entre las pastas y los hatos, esto se puede deber a diversos factores tales como la dimensión de las pastas que son diferentes, la proporción de especies forrajeras de cada pasta, el número de animales apacentando en las diferentes pastas, la capacidad de pastoreo de cada animal o grupo de animales, el estado fisiológico de los animales durante el periodo de monitoreo, entre otros.

CONCLUSIONES

- El Sistema de Espectroscopía de Reflexión Infraroja (NIRS) es una herramienta confiable que nos puede servir de soporte en la toma de decisiones del manejo del pastizal y de los animales.

- La proteína cruda presenta una relación lineal con la materia orgánica digestible, a demás de presentar relación directa con las variables climatológicas precipitación total (PPT) y temperatura (TEMP), para el caso de insolación (INSOL) la relación no es tan estrecha.

- El uso de un Sistema de Información Geográfica (Arcview 3.3) conjuntamente con el NIRS, expresan de manera gráfica el comportamiento de la calidad de la dieta del rancho “San Antonio” a

través del año.

VI. RESUMEN

Los objetivos de esta investigación fueron 1) determinar la relación entre el perfil nutricional del pastizal (análisis de heces) a través de la proteína cruda medida por el (NIRS) con las condiciones meteorológicas (precipitación, temperatura e insolación) y la condición corporal (CC) de bovinos para carne bajo condiciones comerciales de agostadero, utilizando el sistema de espectroscopia de reflexión cercana al infrarrojo (NIRS, por sus siglas en inglés). 2) localizar las áreas donde se muestreó el NIRS con diferente calidad de la dieta en las diferentes estaciones del año, utilizando el sistema de geoposicionamiento satelital (GPS), el sistema de espectroscopia de reflexión cercana al infrarrojo (NIRS) y un sistema de información geográfica (ArcView 3.3) en el norte de México.

La investigación se realizó en el rancho “San Antonio”, iniciando el 13 de septiembre de 2003 y concluyendo el 17 de septiembre de 2004. El rancho “San Antonio” se encuentra localizado en el municipio de Piedras Negras, Coah. Entre las coordenadas $100^{\circ} 39' 00.6''$ de longitud oeste y $28^{\circ} 42' 54.5''$ de latitud norte.

Se utilizaron 142 animales, divididos en tres hatos con un rango de 4 a 10 años de edad, los hatos estaban divididos según su estado fisiológico

encontrando que el primer hato contaba con 59 vacas preñadas no lactantes el segundo con 39 vacas preñadas lactantes y ultimo hato con 42 vaquillas de uno a dos años de edad,. Los dos primeros hatos recibieron un manejo en los últimos días de marzo, al iniciar el mes de abril estos hatos (1 y 2) se habían dividido en cuatro hatos disminuyendo la carga animal a la mitad.

Se utilizó la proteína cruda obtenida por el NIRS como la variable dependiente y los datos de condición corporal, precipitación total, temperatura e insolación como variables independientes. Se muestrearon 10 heces frescas, libres de insectos, tierra, piedras y agua de lluvia. Se removía la parte superior de las heces y se recolectaba alrededor de 100 grs. de heces colocándolas en bolsas zip-loc, inmediatamente después se depositaron en hieleras para posteriormente ser congeladas. Las muestras de heces se almacenaron hasta el final de la investigación, posteriormente fueron enviadas al laboratorio GANLab de la Universidad de Texas A&M para realizar los análisis correspondientes por medio del NIRS.

Los datos obtenidos fueron procesados en un programa estadístico (STATISTICA v. 6), utilizando un análisis de correlaciones y la estimación de la ecuación de regresión.

Para el hato uno la proteína cruda presenta correlaciones positivas y altamente significativas ($p < 0.05$) teniendo que para la materia orgánica digestible (MOD) la correlación fue de $r = .88$, para la condición corporal (CC) $r = .82$, para la precipitación total (PPT) $r = .63$ y la temperatura (TEMP) $r = .59$, para el caso de la insolación (INSOL) la correlación fue de $r = .28$ sin presentar significancia. El análisis de regresión muestra una $r^2 = .90$, lo que comprueba la relaciones entre estas variables.

Para el hato dos la correlacione entre la proteína cruda y la MOD tuvieron una correlación de $r = .71$, para la CC fue de $r = .86$, ($p < 0.05$), el caso de PPT, TEMP e INSOL no fueron significativas y sus correlaciones fueron de $r = .38$, $r = .09$ y $r = -.26$, respectivamente. El análisis de regresión para este hato fue de $r^2 = .89$

Para el hato tres la correlación entre proteína cruda y MOD fue de $r = .74$, para la CC fue de $r = .82$, la PPT presento una correlación de $r = .49$ y al TEMP de $r = .40$ estas correlaciones fueron altamente significativas ($p < 0.05$) para el caso de la INSOL la correlación fue de $r = .05$ no significativa. El análisis de regresión para este hato fue de $r^2 = .92$.

Al analizar todos los datos en conjunto para observar el comportamiento de las mismas se encontró que las correlaciones fueron altamente significativas para el caso de proteína cruda y materia orgánica digestible con $r = .78$, para condición corporal fue de $r = .77$, para precipitación total de $r = .49$, para temperatura fue de $r = .40$ al ($p < 0.05$) para insolación la correlación fue de $r = .05$ no significativa ($p < 0.05$). La ecuación de regresión fue de $r^2 = .80$.

Con estos resultados obtenidos se concluye que la proteína cruda presenta una relación lineal con la materia orgánica digestible, a demás de presentar relación directa con la precipitación total y temperatura, para el caso de insolación la relación no es tan estrecha.

A demás el uso de un sistema de información geográfica (ArcView 3.3) conjuntamente con el NIRS, expresan de manera gráfica el comportamiento de la calidad de la dieta del rancho "San Antonio" a través del año.

VII. LITERATURA CITADA

- Alarcón**, B. Z. S/F. Efecto ambiental en la productividad de especies forrajeras. Climatología agropecuaria. (documento On line).
- Bautista**, M. H. 2002. Efecto de la suplementación proteica y la utilización del sistema de espectroscopia de reflexión infrarroja en heces, en vacas lactantes bajo condiciones comerciales de agostadero. Tesis maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. Pp-95
- Bell**, H. M. 1973. Rangeland management for livestock production. University of Oklahoma Press. U.S.A.
- CNA**. 2003. Estación climatológica de Piedras Negras. Gerencia estatal en Coahuila; subgerencia de ingeniería y apoyo técnico; departamento de hidrometría y climatología.
- CNA**. 2004. Estación climatológica de Piedras Negras. Gerencia estatal en Coahuila; subgerencia de ingeniería y apoyo técnico; departamento de hidrometría y climatología.
- COTECOCA**. 1979. Coeficientes de agostaderos de coahuila. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos. pp. 34- 35.
- Dale**, C. y Jolley, L. 2001. NIRS uses a rapid nutritional monitoring System for free- ranging livestock. Disponible On line:

<http://cnrit.tamu.edu/ganlab/index.htm>

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

GANLab. 2003. Grazing Animal Nutrition Lab. NIRS Technology. Disponible On line: [http://cnrit.tamu.edu/ganlab/technology/nirs technology.htm](http://cnrit.tamu.edu/ganlab/technology/nirs%20technology.htm)

