

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**RELACIÓN ENTRE EL PERFIL NUTRICIONAL DEL PASTIZAL Y LAS
CONDICIONES CLIMÁTICAS CON LA CONDICIÓN CORPORAL DE
BOVINOS EN APACENTAMIENTO, UTILIZANDO EL SISTEMA
NIRS/NUTBAL**

Por

DANIEL VÁZQUEZ SOLÍS

T E S I S

**Presentada Como Requisito Parcial Para
Obtener El Título De:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2004

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**RELACIÓN ENTRE EL PERFIL NUTRICIONAL DEL PASTIZAL Y LAS
CONDICIONES CLIMÁTICAS CON LA CONDICIÓN CORPORAL DE
BOVINOS EN APACENTAMIENTO, UTILIZANDO EL SISTEMA
NIRS/NUTBAL.**

Por

DANIEL VÁZQUEZ SOLÍS

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

**M. Sc. Ricardo N. Silva Cerrón
Presidente**

**M.C. Laura E. Padilla González
Sinodal**

**M.C. Silvia X. González Aldaco
Sinodal**

Dr. Ramón García Castillo
Coordinador de la División de Ciencia Animal
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México,
Diciembre del 2004.

AGRADECIMIENTOS

Al M.Sc. Ricardo Silva, por aceptarme ser su asesorado, por su gran apoyo para llevar a cabo esta investigación y por ser un gran amigo que me aconsejó y orientó en aspectos académicos y personales.

M. C. Laura Padilla por su apoyo incondicional y el tiempo que me brindó para la revisión de este trabajo.

M. C. Silvia Xiomara González, por su gran apoyo en la revisión del presente trabajo y sus comentarios sobre la presente investigación.

M.Sc. Doug Tolleson, director del GANLab de la Universidad de Texas A&M, y al personal del laboratorio, por su gran apoyo en los análisis de las muestras fecales y sus comentarios y sugerencias sobre el presente trabajo, *forever in debt to your priceless advices.*

Al señor Alfonso Ainslie, dueño del rancho «La Salada», y a los vaqueros José, Beto, Tío Lolito, y Leocadio, por las facilidades y su invaluable apoyo para

la realización del trabajo de campo. Así como al señor Emiliano del rancho «San Antonio», quien nos ayudó de igual manera.

A Juanita, secretaria del departamento de Producción Animal, por sus sabios consejos de la vida y por su ayuda brindada incondicionalmente.

DEDICATORIAS

A mis padres **María Luisa Solís Sánchez** y **Moisés Vázquez Hernández**, por darme estudios, por sus desvelos y preocupaciones, por enseñarme que el esfuerzo tiene que rendir frutos y por que los quiero mucho.

A mis hermanos **Jaime**, **Nataly Nayeli** y **Erika**, por los momentos felices e infelices que hemos compartido juntos.

A todos mis familiares, por todos los momentos que hemos compartido y hemos de compartir, por los que ya no están y por los que aún podemos convivir.

A mi **Alma Mater** por darme más de lo que yo le he dado.

A todos los maestros que en el aula verdaderamente me brindaron sus conocimientos y experiencias, especialmente los maestros del departamento de Producción Animal.

A mis compañeros y amigos **Jesús Armando Zaleta, Marco Antonio Coello, Esteban Hernández, Gerardo Montero, Fidel Zebadúa, Eduardo Ponce y Alfredo Amado Flores**, por las aventuras durante el monitoreo de los ranchos y por ser como son.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------------------------|
| ÍNDICE DE CUADROS | Página xii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xiii |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 1 |
| 1.2. Antecedentes | 1 |
| 1.3. Justificación | 3 |
| 1.4. Objetivo | 3 |
| | |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 4 |
| 2.1. Pastoreo en zonas áridas semiáridas | 4 |
| 2.1.1. Sistemas de pastoreo | 4 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1.2. | Carga animal | 6 |
| 2.2. | Condición corporal y su importancia en la productividad del ganado en el agostadero | 9 |
| 2.2.1. | Implicaciones de la CC en la reproducción | 11 |
| 2.2.2. | Implicaciones de la CC en el peso al nacimiento | 14 |
| 2.2.3. | Implicaciones de la CC en la ganancia de peso | 15 |
| 2.3. | Uso del sistema de Espectroscopia de reflexión infrarroja (NIRS) para predecir el valor nutritivo del forraje | 16 |
| 2.3.1. | Predicción de la calidad de la dieta | 17 |
| 2.3.2. | Predicción de las fracciones dietéticas de proteína usando tecnología de NIRS | 20 |
| 2.3.3. | Procedimiento de análisis | 25 |
| 2.3.4. | Utilidad del NIRS en nutrición de rumiantes | 26 |
| 2.4. | Implementación del sistema de manejo nutricional NIRS/NUTBAL | 28 |
| 2.5. | Influencia de las condiciones ambientales sobre el contenido de proteína y la condición corporal | 29 |
| 2.5.1. | Precipitación | 29 |
| 2.5.2. | Temperatura | 30 |
| 2.5.3. | Insolación | 30 |
| | | 31 |

| | |
|--|-----------|
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 31 |
| 3.1. Descripción del área de estudio | 31 |
| 3.1.1. Ubicación geográfica | 31 |
| 3.1.2. Clima | 32 |
| 3.1.3. Suelo | 32 |
| 3.1.4. Vegetación | 33 |
| 3.1.5. Características del rancho | 34 |
| 3.1.6. Caracterización del sistema de producción del rancho | 36 |
| 3.2. Materiales | 36 |
| 3.2.1. Características de los animales utilizados | 36 |
| 3.2.2. Materiales de muestreo | 37 |
| 3.3. Metodología | 37 |
| 3.3.1. Calificación de la condición corporal | 37 |
| 3.3.2. Colección de heces | 38 |
| 3.3.3. Análisis de heces | 39 |
| 3.3.4. Datos de condiciones climáticas | |
| 3.3.5. Implementación del Sistema de Manejo Nutricional | 39 |
| NIRS/NUTBAL | 39 |
| 3.3.6. Procedimiento experimental | 40 |
| 3.3.6.1. Correlación | 40 |
| 3.3.6.2. Ecuación de Regresión | |
| | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 42 |
| 4.1. Perfil nutricional | 44 |
| 4.2. Variables climáticas | 44 |
| 4.2.1. Condición corporal – Precipitación pluvial (CC-PP) | 46 |
| 4.2.2. Condición corporal – Temperatura (CC-TMED) | 48 |
| 4.2.3. Condición corporal – Insolación (CC-INS) | 49 |
| 4.3. Duración en pastas | 53 |
| 4.4. Predicción del NUTBAL | 55 |
| 5. CONCLUSIONES | 56 |
| 6. LITERATURA CITADA | 60 |
| 7. APÉNDICES | |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | Página |
|--|---------------|
| 2.1 Equivalentes de Unidad Animal por Especie y Clase de Herbívoro Basado en Demanda Animal | 7 |
| 2.2 Correlaciones de condición corporal (CC) y estructura (EC) en vacas adultas | 9 |
| 2.3 Descripción de niveles de condición corporal (CC) | 11 |
| 2.4 Reservas energéticas para diferente peso corporal y condición corporal de vacas | 12 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 2.5 | Relación de CC al parto sobre el comportamiento reproductivo inmediato posterior | 12 |
| 2.6 | Efecto de la condición corporal sobre el porcentaje de vacas preñadas | 13 |
| 2.7 | Proteína cruda y materia orgánica digestibles de muestras de toretes fistulados y de heces fecales a través de química húmeda y NIRS | 22 |
| 3.1 | Plantas forrajeras consumidas por el ganado en el rancho La Salada | 33 |
| 4.1 | Tiempo aproximado de permanencia en pastas | 50 |
| 4.2 | Productividad del rancho para el ciclo 2003-2004 | 52 |
| 4.3 | Cosecha de becerros de los últimos tres años en el rancho | 53 |
| 4.4 | Análisis comparativo de la condición corporal predicha al próximo muestreo para vacas abiertas no-lactantes | 53 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|---------------|--|---------------|
| 2.1 | Gráfica de comparación del contenido de PC y MOD de muestras de toretes fistulados y de heces fecales vía Química Húmeda y NIRS (con datos de Lyons <i>et al</i>, 1995) | 23 |
| 2.2 | Pruebas de laboratorio contra NIRS en Plantas C⁴ para | |

| | |
|--|----|
| proteína cruda (Tolleson, 2001) | 23 |
| 2.3 Pruebas de laboratorio contra NIRS en plantas C ⁴ , para materia orgánica digestible (Tolleson, 2001) | 24 |
| 2.4 Calidad de la dieta de pastizales de Garfield Co. MT, USA | 24 |
| 3.1 Mapa del rancho “La Salada” | 38 |
| 4.1 Gráficas de la tendencia del perfil nutricional del pastizal (PC y MOD) y su efecto en la condición corporal del ganado | 42 |
| 4.2 Diagramas de dispersión y ecuación de predicción para la relación PC-CC y MOD-CC para los hatos 1 y 2 | 44 |
| 4.3 Diagramas de dispersión y ecuaciones de predicción para la relación PP – PC y PP – CC | 45 |
| 4.4 Tendencia de la precipitación pluvial, el nivel de proteína y la condición corporal | 46 |
| 4.5 Diagramas de dispersión y ecuaciones de predicción para la temperatura con el perfil nutricional de la dieta y la condición corporal | 47 |
| 4.6 Tendencia de la temperatura con la precipitación pluvial y la condición corporal. | 48 |
| 4.7 Diagramas de dispersión y ecuaciones de regresión para las variables insolación y condición corporal. | 49 |
| 4.8 Diagrama de dispersión y ecuación de predicción para días de permanencia en pasta sobre la condición corporal. | 50 |

| | |
|--|-----------|
| 4.9 Gráficas de la tendencia del perfil nutricional del pastizal, y de la condición corporal respecto del tiempo de apacentamiento en cada pasta. | 51 |
|--|-----------|

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los ganaderos de la zona árida y semiárida, han sufrido año con año las condiciones ambientales que provocan variación estacional en cuanto a la

calidad nutritiva y a la producción de materia seca de los pastizales. Además, el sobrepastoreo y la intensa sequía que ha afectado en la última década, han reducido los índices productivos tales como la cantidad de kilogramos de becerro por vaca. Por otra parte, por mucho tiempo los ganaderos se han atendido únicamente a la condición corporal del ganado para tomar decisiones en el manejo nutricional del ganado sin tomar en cuenta el perfil nutricional del pastizal, lo cual impide hacer un manejo óptimo tanto del ganado como del pastizal, los cuales a la vez pueden estar íntimamente ligados.

1.2. ANTECEDENTES

La ganadería mexicana en el norte de México, constituye una actividad de gran importancia en el sector agropecuario, pues en el rubro del comercio exterior, la venta de becerros en pie a Estados Unidos, realizadas por los ganaderos norteros, es una de las principales exportaciones a ese país. Según Ochoa (2002), en México existen alrededor de 1.4 millones de ranchos cuya cosecha anual es de 4.4 millones de becerros, de éstos, 1.4 millones se exportan anualmente a los Estados Unidos, colocando a México en el séptimo lugar en producción mundial de carne de bovino. Dichos ranchos se localizan principalmente en la zona árida y semiárida del país, con el 28.1% del inventario bovino nacional, y se genera el 27% del volumen total de carne bovina (FIRA, 1993).

El estado de Coahuila, localizado en dicha zona, cuenta con 419,024 cabezas de ganado productor de carne para el año 2002 (SAGARPA) y desarrolla el sistema de producción vaca – becerro, cuya adopción obedece al corto periodo de buena alimentación del ganado (90 a 120 días) permitiendo el crecimiento del becerro y con buenas probabilidades de que la vaca repita concepción en el periodo lluvioso (López, 2003). Coahuila participa con el 6.5% (91,000 cabezas) del total de la exportación total de becerros, con destino, principalmente, a las praderas invernales de Estados Unidos y su posterior engorda (SAGARPA, 2002).

En Coahuila el promedio de becerros destetados es de 65%, el porcentaje de preñez de 57% (cuando debería ser superior a 60%), y los intervalos entre partos de 500 a 550 días, con lo que disminuyen las utilidades (Oliver, 2002).

Dado que en las zonas áridas y semiáridas se requieren vastas extensiones para la manutención del ganado debido a la escasa y errática producción de materia seca por hectárea del pastizal (capacidad de carga animal de alrededor de 30 ha/UA/año), la suplementación de alimentos con alto valor biológico se hace necesaria para incrementar los índices productivos y, por ende, los ingresos, ya que suele constituir una práctica fundamental en la época invernal, pues induce a los animales a incrementar el consumo voluntario de materia seca, cuando los forrajes presentan escasa producción y valores inferiores al 7% de proteína cruda (Hodgson, 1990).

1.3. JUSTIFICACIÓN

El manejo nutricional de ganado en libre pastoreo representa todavía un reto para los ganaderos, quienes han venido utilizando un sistema de ensayo-error desde hace largo tiempo. Las tecnologías recientes diseñadas para predecir la calidad de la dieta por medio de los perfiles fecales mediante el NIRS o a través de la selección de dieta en forma simulada, ofrecen métodos prácticos para evaluar la concentración nutricional de la dieta del ganado bajo condiciones extensivas.

La CC, aunado a los perfiles fecales, y a las condiciones climáticas, puede darnos una idea del comportamiento de estas variables en el tiempo. Las predicciones de la calidad de la dieta ligadas a los sistemas de soporte de decisiones, pueden permitir a los productores suministrar en forma estratégica los nutrimentos que mejor satisfagan las necesidades de su ganado de manera efectiva y a menor costo.

1.4. OBJETIVO

Considerando todos estos aspectos, el objetivo planteado en la presente investigación es el siguiente:

Determinar 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 sistema de espectroscopia de reflexión cercana al infrarrojo (NIRS) y el software Analizador del Balance Nutricional (NUTBAL).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. PASTOREO EN ZONAS SEMIÁRIDAS

2.1.1. Sistemas de pastoreo

El sistema de pastoreo depende predominantemente de la productividad natural de pasturas la cual está definida por la zona agroecológica.

El mayor inconveniente climático en zonas áridas es el largo período de sequía sin producción vegetal. Los ecosistemas de zonas áridas se caracterizan por niveles de alta variabilidad temporal en el régimen de lluvias, trayendo por consecuencia:

- baja producción de biomasa en pasturas,
- incertidumbre local sobre la disponibilidad de pasturas,
- escasez de puntos de toma de agua.

Estos factores imponen un sistema de ganadería con pastoreo extensivo, con un alto grado de movilidad, siguiendo las pasturas y las fuentes de agua donde estas estén disponibles (Instituto de Recursos Naturales ,1999).

Según el Instituto de Recursos Naturales (1999), en las zonas semiáridas -como en el norte de Coahuila- el período de crecimiento de las plantas es de 75 a 180 días. Con el tiempo, los factores bióticos (presión humana y uso

resultante de la tierra) definen el estado de los recursos naturales. Las zonas agrícolas compiten con las tierras de pastoreo. Los sistemas ganaderos son diversos: pastoreo trashumante y semi-trashumante, agro-pastoreo y pastoreo extensivo.

De acuerdo a Hanselka *et al.* (1988), existen tres grupos básicos de sistemas de pastoreo de acuerdo a sus características:

- (1) Pastoreo continuo: Ha sido el método tradicional. Se hace un uso constante del forraje en una superficie determinada, a través del año o durante la mayor parte del periodo de crecimiento.
- (2) Rotación diferida: Han sido probados por más de 30 años. La mitad o más del total del terreno es pastoreada a un tiempo dado. El tiempo que un potrero es pastoreado, es igual o mayor al tiempo de descanso. Estos sistemas han probado ser efectivos en términos de comportamiento del ganado y para el mejoramiento del pastizal (en el largo plazo).
- (3) Sistemas de pastoreo de corta duración: El ganado se concentra en menos de la mitad del área total, y la duración de los períodos de descanso excede al tiempo de pastoreo. Se clasifican como «extensivos» o «intensivos».

Para los ranchos del norte de México puede observarse con frecuencia el uso del subsistema de pastoreo rotacional intensivo, que incluye periodos de

descanso de 20 a 60 días (Ibarra, 1990). Dentro de lo que concierne a los granjeros ganaderos sedentarios, éstos derivan su principal ingreso de la ganadería y prestan mayor atención a los animales que a los cultivos. Un número mínimo de ganado se necesita para mantener la economía doméstica. Las estrategias para manejar los riesgos y asegurar la subsistencia y los ingresos de la familia varían, conduciendo a la diversidad de los sistemas: se basan principalmente en la diversificación de actividades, la flexibilidad, la investigación de oportunidades y la acumulación de ganancias en ganado (Instituto de Recursos Naturales, 1999).

2.1.2. Carga animal

Se entiende la carga animal como la cantidad de unidades animales (UA) que apacentan determinada área durante un año. Se expresa como UA/ha/año (González y Meléndez, 1999). La UA ha sido definida sobre la base de las necesidades nutricionales de los animales. Cocimano *et al* (1975), presentaron la Unidad Vaca. Esta es el promedio anual de los requerimientos conjuntos, en condiciones de pastoreo, de una vaca de 400 kg de peso que gesta los últimos 6 meses un ternero y lo cría hasta el destete a los 6 meses de edad con 160 kg de peso, incluyendo el forraje consumido por el ternero. También equivale a los requerimientos de un novillo de 410 kg que aumenta 500 g por día. Por otra parte, para establecer la relación entre las diferentes categorías, sexos, estados fisiológicos y nivel de producción en una forma común, se estableció el

equivalente animal (AUEs por sus siglas en inglés), que también es denominado UA (Sttodart y Smith, 1955) el cual es definido como una vaca de 1000 lb (454 kg) de peso vivo, no lactante o el equivalente en demanda animal o consumo de forraje potencial. La «Society for Range Management» (1974) definió la unidad animal como una vaca madura de 1000 lb o su equivalente basado en el promedio del consumo de forraje diario de 26 libras (11.8 kg) de materia seca por día. La equivalencia animal, cuando es cuantificada como equivalente de unidad animal provee medias de las necesidades de capacidad de pastoreo (Vallentine, 1990).

En el Cuadro 2.1 se presentan los equivalentes de unidad animal para las especies más comunes de herbívoros en apacentamiento.

Cuadro 2.1 Equivalentes de Unidad Animal por Especie y Clase de Herbívoro Basado en Demanda Animal^a

| <i>Especie y clase de herbívoro</i> | <i>Equivalentes de Unidad Animal</i> |
|---|---|
| Bovinos | |
| Toro maduro (≥ 24 meses, 771 kg promedio) | 1.5 |
| Toro joven (18-24 meses, 522 kg promedio) | 1.15 |
| Vaca y un par de becerros | 1.35 |
| Vaca madura, no lactante, 454 kg promedio) | 1.0 |
| Novilla preñada (18-24 meses, 397 kg promedio) | 1.0 |
| Añojos (18-24 meses, 397 kg promedio) | 0.9 |
| Añojos (15-18 meses, 340 kg promedio) | 0.8 |
| Añojos (18-24 meses, 283 kg promedio) | 0.7 |
| Becerras (destete a 12 meses, 227 kg promedio) | 0.6 |
| Becerras (destete a los 8 meses, 204 kg promedio) | 0.5 |
| Ovinos y caprinos | |
| Oveja y par de corderos | 0.3 |
| Gama y par de crías | 0.24 |
| Oveja, madura, no lactante | 0.2 |
| Cabra, madura, no lactante | 0.17 |
| Corderos destetados y crías | 0.14 |

| | |
|-----------------------------|------|
| Otros animales | |
| Caballo de tiro (maduro) | 1.15 |
| Caballo de silla (maduro) | 1.25 |
| Bisonte (maduro) | 1.0 |
| Alce americano (maduro) | 1.0 |
| Alce (maduro) | 0.65 |
| Venado, mula (maduro) | 0.23 |
| Venado cola blanca (maduro) | 0.17 |
| Antílope (maduro) | 0.17 |

^a Considérense todas las novillas de reemplazo y toros de 24 meses y más, novillas preñadas y no preñadas mayores a 18 meses, y reemplazos de ovinos y cabras de 12 meses y más, como maduras (adaptado de Vallentine *et al.*, 1984). Estas equivalencias son usadas para convertirse entre las clases de animal de la misma especie. Como sea, las conversiones entre especies requieren la Asunción de una uniformidad completa en la dieta y una sobre sobreasunción, una asunción casi nunca verdadera.

Fuente: Vallentine, 1990.

La carga animal depende de los requerimientos de materia seca de los animales y de la disponibilidad de forraje durante el año. Así, la capacidad de carga, expresada como ha/UA/año, varía según la región, pudiendo ser para zonas áridas superior a 30 ha/UA/año, mientras que en praderas perennes de áreas húmedas puede ser de 1 ha/UA/año. Ejemplo de ello es el bajo coeficiente de agostadero en los estados de Sonora y Baja California (70.8 ha/UA/año).

El sobrepastoreo es el resultado del abuso de los recursos forrajeros del pastizal, utilizando cargas superiores a las que éste puede soportar por un periodo prolongado, manifestándose en un incremento de especies vegetales indeseables a costa de especies deseables (menor producción forrajera), erosión, compactación de la tierra y menor cubierta vegetal.

Cargas mayores no necesariamente significan sobrepastoreo. Winder *et al.* (2000), realizaron un estudio con ganado Brangus, evaluando el efecto de dos CA diferentes (40 ha/UA y 28 ha/UA) y el efecto de estas en la productividad del agostadero, demostrando que las CA conservadoras tienen mejores respuestas animales que la moderada, lo que se observa en mayor ganancia de peso y en la productividad general del rancho. Concluye que para el desierto Chihuahuense se debe utilizar una CA de 8.09 ha/UA.

Empero, Hanselka *et al.*, (2002) mencionan que el usar cargas animales mayores puede aumentar la producción animal, permitiendo que los sistemas de producción sean más sustentables. Y especifica que la carga animal adecuada es la que, de acuerdo a los requerimientos de materia seca del ganado, permitan a éste consumir el 25% del forraje producido durante el año.

González *et al.* (1999), mencionan que el reducir la carga animal total al 50%, es posible producir más carne de becerro destetado, con menor número de vientres. En un estudio estos investigadores encontraron que a pesar de que el peso de becerros cosechados fue inferior, el porcentaje de destetes y el peso al destete aumentaron, incrementando la producción total de kg de becerro, de 46,992 kg que se cosechaban al inicio del estudio, a 58,905 kg al segundo año de evaluación. Esto significó un aumento en producción de carne de becerro destetado de 25%.

Existe una relación bien establecida entre carga animal y producción de ganado. El comportamiento del ganado depende de la calidad y cantidad de

forraje ingerido. La cantidad ingerida es función de la cantidad disponible mientras que la calidad es una función tanto de la calidad del forraje como la habilidad del animal al seleccionar la dieta más nutritiva (White y Troxel, 2000).

2.2. CONDICIÓN CORPORAL Y SU IMPORTANCIA EN GANADO EN APACENTAMIENTO

La evaluación visual del ganado es un método práctico útil para obtener una evaluación general del estado nutricional de las vacas. La condición corporal (CC) ha sido establecida como un procedimiento para evaluar las reservas de grasa corporal (grado de gordura) de ovinos y bovinos. La CC está positivamente correlacionada con el contenido de grasa medida con ultrasonido (Cuadro 2.2), cantidad de grasa en la 12^a costilla o el porcentaje de grasa corporal (Gresham, 1986; Randel *et al.*, 2002).

Cuadro 2.2. Correlaciones de condición corporal (CC) y estructura (EC) en vacas adultas.

| <i>Nivel</i> | <i>% grasa (ultrasonido)</i> | <i>CC</i> | <i>EC</i> | <i>Altura a la cruz</i> | <i>Grasa 12^a costilla</i> | <i>Área ojo del lomo</i> | <i>Proteína %</i> | <i>Grasa %</i> | <i>Hueso %</i> |
|--------------|------------------------------|-----------|-----------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------|----------------|----------------|
| CC | 0.75 | - | -0.01 | 0.03 | 0.74 | 0.51 | 0.39 | 0.71 | -0.46 |
| EC | 0.06 | -0.01 | - | 0.90 | 0.03 | 0.51 | 0.73 | 0.43 | 0.64 |

Según: Gresham, 1986.

La CC en general se asocia mucho con el estado energético y proteínico, pero también puede reflejar en parte las deficiencias de otros nutrientes esenciales. Con la experiencia, la CC del ganado se puede evaluar visualmente con bastante precisión (Terrell, 2002)

Corah *et al.*, (1991) opinan que la CC es una estimación relativa de la gordura de los animales, y señalan que el sistema de calificación de CC que se sugiere utilizar, es el publicado por Richards *et al.*, (1996), en el cual se hace una clasificación de 1 al 9 (Cuadro 2.3), siendo el 1 el correspondiente a un cuerpo muy delgado sin reservas de grasa, mientras que el 9 corresponde a la gordura extrema.

Dado que la CC indica el estado nutricional del ganado y éste a su vez se ve afectado por la cantidad y calidad de forraje, la CC refleja la cantidad y calidad de forraje consumido por el ganado en un área y época específica del año, permitiendo determinar a través de ella si los requerimientos nutricionales del ganado están siendo satisfechos por la vegetación presente en el pastizal.

Hodgson (1990), señala que la CC tiene un impacto directo sobre el desempeño reproductivo y la lactación en hembras gestantes, implicando un costo de alimentación substancial para recuperar las reservas, particularmente cuando estas tienen que ser alcanzadas con el uso de suplementos.

Maltos *et al.*, (2000) mencionan que la CC es un concepto más útil que el peso corporal, pues está enfocado al estado de reservas energéticas corporales. El peso no indica el balance nutricional del animal, pues un animal pequeño en excelentes carnes, puede pesar lo mismo que una vaca de cuerpo grande, pudiendo haber gran diferencia entre la CC de ambos (Cuadro 2.4).

Cuadro 2.3. Descripción de niveles de condición corporal (CC).

| <i>Escala</i> | <i>Descripción</i> | <i>Grasa en canal, (%)</i> |
|---------------|--------------------|----------------------------|
|---------------|--------------------|----------------------------|

| | | | |
|--------|---|---|-------|
| Flaca | 1 | Estructura con huesos prominentes, músculos flácidos, depresión profunda abajo y alrededor de la cola. | <5 |
| | 2 | Estructura con huesos prominentes, músculos redondeados, depresión profunda abajo y alrededor de la cola. | 5-10 |
| | 3 | Se aprecian las costillas, músculos redondeados, sin depresión en la base de la | 10-15 |
| Límite | 4 | cola. Se aprecian costillas, músculos redondeados, sin | 15-20 |
| Óptima | 5 | depresión en la base de la cola. | 20-25 |
| | 6 | Costillas no visibles, aspecto liso | 25-30 |
| Gorda | 7 | Ensanchamiento de pecho, y algo de grasa en la base de la cola. | 30-35 |
| | 8 | Apariencia redondeada, almohadillas de grasa alrededor de la cola. | 35-40 |
| | 9 | Compacta, aspecto circular y de ancho pecho. Obesa, cola embutida en grasa, camina con dificultad. | >40 |

Según: Richards *et al.*, 1986.

2.2.1. Implicaciones de la CC en la reproducción

La implicación de la CC en las vacas para carne, tiene una gran importancia ya que se relaciona con el anestro posparto, intervalo entre partos, producción de leche y, subsecuentemente, con la salud y vigor del neonato. En un estudio se utilizaron 190 vacas gestantes para evaluar la CC como herramienta de manejo y como predicción del comportamiento posparto, encontrándose que el uso de CC optimiza el manejo de las vacas posparto.

Herd y Spott (1996), realizaron 5 ensayos para encontrar el efecto que tiene la CC al parto sobre el comportamiento reproductivo posparto en animales en apacentamiento. Estos autores encontraron que las vacas que parieron en

una CC mayor a 5 en la escala de 1 a 9, presentaron mejores respuestas reproductivas (Cuadro 2.5).

Cuadro 2.4. Reservas energéticas para diferente peso corporal y condición corporal de vacas.

| BCS | Mcal de Energía neta para varios pesos de vacas | | | |
|------------|--|-------------|-------------|-------------|
| | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 |
| 2 | 139 | 151 | 164 | 177 |
| 3 | 157 | 172 | 186 | 200 |
| 4 | 180 | 196 | 212 | 229 |
| 5 | 207 | 226 | 245 | 264 |
| 6 | 242 | 264 | 286 | 308 |
| 7 | 285 | 311 | 337 | 363 |
| 8 | 342 | 373 | 405 | 436 |
| 9 | 418 | 456 | 494 | 532 |

Los números en la condición corporal de la tabla representan la energía requerida para cambiar la CC más baja de una vaca a un nivel más.

Según: Nutrient Requirements of Beef Cattle, 7th Revised Edition (1996).

Cuadro 2.5. Relación de CC al parto sobre el comportamiento reproductivo inmediato posterior.

| <i>Prueba</i> | <i>Concepto</i> | Condición corporal (CC) al parto | | |
|---------------|-------------------------------|---|----------|----------------|
| | | 4 o menos | 5 | 6 o más |
| 1 | Número de vacas | 272 | 364 | 50 |
| | % de celos a 80 días posparto | 62 | 88 | 98 |
| 2 | Número de vacas | 70 | 10 | 0 |
| | % preñez a 60 días posparto | 69 | 80 | - |
| 3 | Número de vacas | 25 | 139 | 23 |
| | % en calor a 60 días posparto | 24 | 60 | 87 |
| 4 | Número de vacas | 32 | 60 | 32 |
| | % en calor a 80 días posparto | 12 | 50 | 90 |
| 5 | Número de vacas | 168 | 274 | 197 |
| | % en calor a 80 días posparto | 70 | 90 | 92 |

Según: Herd y Spott (1996).

La respuesta a la ingestión de bajos niveles de energía o el cambio de peso anteriores al parto depende de la CC al parir. A las vacas en buena CC (5 o más) al parir, les afectan poco los efectos de cambios de pesos previos o posteriores al parto. El intervalo posparto aumenta por la pérdida de peso en vacas con CC de 3 o menos al parto, agravándose por niveles deficientes de alimentación posparto. Los efectos de una mala CC al parto se superan parcialmente con niveles altos de alimentación posparto. Empero, el período posparto es de gran demanda metabólica debido a las grandes necesidades de la lactación.

Randel *et al*, (2002) llevaron a cabo estudios en el noreste de México que incluyó a 1,362 vacas en 2000 y 1236 vacas en 2001. Las tasas de preñez fueron bajas (2000 = 7.3% y 2001 = 9.3%) en vacas con CC de 3 o menos. Los porcentajes de preñez más altos fueron en vacas con CC de 4-5 (2000 = 56.9% y 2001 = 49.1%). Los datos muestran que las vacas con niveles de CC de 3 o menos tienen niveles reproductivos antieconómicos (Cuadro 2.6).

Cuadro 2.6. Efecto de la condición corporal sobre el porcentaje de vacas preñadas.

| Condición corporal | Número de vacas | Vacas preñadas | Vacas no preñadas | % preñez |
|---------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|
| 2000 | | | | |
| 3 o menos | 266 | 39 | 227 | 7.3 |
| 4-5 | 772 | 302 | 470 | 56.9 |
| 6-8 | 324 | 190 | 134 | 35.8 |
| TOTAL | 1362 | 531 | 831 | |
| 2001 | | | | |

| | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|------|
| 3 o menos | 287 | 43 | 244 | 9.3 |
| 4-5 | 619 | 228 | 391 | 49.1 |
| 6-8 | 330 | 193 | 137 | 41.6 |
| TOTAL | | 464 | 772 | |

Según: Randel *et al.*, 2002

La duración del intervalo posparto es más largo en las vacas que amamantan que en las de ordeño o que no lactan. Este efecto parece obedecer al contacto del becerro y al amamantamiento o de la lactación misma. El estímulo del becerro interactúa con el estado nutricional de la vaca de modo que el intervalo posparto aumenta con el amamantamiento en mayor medida en las vacas en mala condición que en aquellas cuya CC es buena.

Según Kunkle *et al.*, (1994) la variación de CC de las vacas tiene implicaciones que se pueden utilizar en las decisiones de manejo. La cantidad de leche producida por vaca y el posterior peso al destete de la cría, se relacionan con la CC al momento y durante la estación de empadre de las vacas.

La CC ideal que la vaca debe mantener a lo largo del año es de 5, reduciendo así problemas reproductivos (Terrell, 2002).

La CC afecta la cantidad y tipo de suplemento demandados por las vacas en el invierno. Las vacas en CC de 4 a 5 pueden perder reservas corporales y con 0.5 a 1 kg por día de suplemento por animal con 30 a 40% de proteína cruda es suficiente para mantener la CC adecuada en la mayoría de los casos.

En contraste, vacas flacas tienen muy pocas reservas y comúnmente pueden demandar cantidades mayores a 0.5 kg de suplemento o un suplemento isoproteico e isoenergético (Kunkle et al., 1997; Newmann, 1989).

2.2.2. Implicaciones de la CC en el peso al nacimiento

En general, se acepta que las necesidades nutricionales durante la preñez son proporcionales al peso al nacer del becerro y tienen un efecto proporcional en las necesidades nutricionales durante la preñez. La desnutrición severa de energía o proteínas durante la última etapa de la gestación puede afectar sobremanera el crecimiento fetal y, en consecuencia, el peso al nacimiento. En general, el peso al nacer del becerro en las vacas maduras no es muy afectado por el estado nutricional materno en un intervalo amplio de puntos de CC de más o menos 3.5 a 7.5. Sin embargo, el peso al nacer disminuye si la vaca está muy gorda (CC mayor a 7.5) o si la vaca está demasiado flaca (CC menor a 3.5) (Terrell, 2002).

2.2.3. Implicaciones de la CC en la ganancia de peso

Desde el punto de vista de la energía es más eficaz mantener el peso y la CC de las vacas a lo largo del año productivo, sin embargo, este no suele ser el caso desde el punto de vista económico. Como resultado, es muy común que las vacas pierdan peso durante alguna parte del año, generalmente en invierno. Ocurre generalmente si la calidad o la cantidad del forraje es inadecuada para satisfacer necesidades nutricionales y por el gasto agregado de la alimentación complementaria (Terrel, 2002).

Así mismo, señala que el cambio de peso común que se asocia con un cambio en una unidad en la puntuación de la CC es cercano a 40 kg. Sin embargo, el contenido de grasa en las vacas cambia de menos de 5% a más de 40% conforme la puntuación de la CC cambia de 1 a 9. Como resultado, el contenido energético de la pérdida o ganancia del peso corporal varía según la CC de la vaca. El tejido corporal se usa para el mantenimiento o la producción de leche con una eficiencia de cerca de 80%. Por tanto, un cambio en la CC de 5 a 4, refleja una pérdida de peso de 40 kg, y equivale a una pérdida de energía corporal de (40×4.75) 190 Mcal, que reemplazará a cerca de 152 Mcal $(190 \times 0,80)$ de la ENm alimentaria. Por el contrario, un cambio en la CC de 4 a 5 contiene 190 Mcal o, por definición, 190 Mcal ENg. Si se supone que la fuente de la energía alimentaria es un forraje de calidad promedio (1.15 Mcal ENm/kg), el alimento requerido para proporcionar 190 Mcal ENg aportará cerca de 370 Mcal ENm. Por lo tanto, aunque se justifique desde el punto de vista económico, se requiere más de dos veces (370 vs. 152 Mcal) la energía alimentaria para reponer el peso corporal perdido, de la que hubiera sido necesario para mantener ese peso.

Las vacas con baja CC tienen menos reservas energéticas disponibles que vacas en buena CC. Así, vacas con buena CC tienen necesidades de mantenimiento menores durante el frío que en las vacas con pobre CC. Esto indica que la suplementación es imprescindible en la época de invierno (Terrell, 2002).

2.3. USO DEL SISTEMA DE ESPECTROSCOPIA DE REFLEXIÓN INFRARROJA (NIRS) PARA PREDECIR EL VALOR NUTRITIVO DEL FORRAJE

El método sistema de espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS por sus siglas en inglés) se basa en que, cuando la luz (energía luminosa) incide sobre una muestra, una parte de los fotones se transmiten a través de la misma, siendo el resto absorbida. La absorción de energía por la muestra produce que los enlaces entre carbono e hidrógeno (C-H), oxígeno e hidrógeno (O-H) y nitrógeno e hidrógeno (N-H), principales constituyentes de la estructura básica de las sustancias orgánicas; vibren en distintas formas (Givens y Deaville, 1999). La interacción de la energía con la materia obedece a la ley de Beer-Lambert, que establece que la absorbancia a cualquier longitud de onda es proporcional al número o concentración de moléculas absorbentes presentes en el camino recorrido por la absorción (Alomar 1998; Cozzolino, 1998).

Esto determina que para un material de naturaleza química heterogénea el espectro obtenido en la región del infrarrojo cercano sea una combinación de bandas de absorciones parciales sobrepuestas o muy cercanas, que suelen confundirse en una línea suavizada, en que se encuentran picos, valles y curvaturas (Alomar, 1998). Al desarrollar una calibración NIRS, se relaciona

mediante un algoritmo la información espectral (óptica) con la información de la composición físico-química (método de referencia) a través de la aplicación de modelos estadísticos como son la regresión múltiple, los componentes principales y los cuadrados mínimos parciales.

El proceso de NIRS para heces fecales implica la exposición de una muestra fecal secada y molida, a la energía luminosa. La intensidad de la reflexión se mide a través de varios cientos de longitudes de onda en la curva cercana al infrarrojo. La reflexión está influenciada por el número y el tipo de uniones químicas en las heces. Las longitudes de onda primarias en ecuaciones de predicción aparecen para ser asociadas con la fibra, y las fracciones microbianas de las heces (GANLab, 2003).

2.3.1. Predicción de la calidad de la dieta

Lyons y Stuth (1992) realizaron un estudio donde las muestras conocidas de la dieta fueron emparejadas con las heces de las vacas intactas que pastaban una amplia variedad de forrajes. Estos pares de dieta:fecal fueron usados para desarrollar un juego de datos de referencia para construir ecuaciones de calibración o predicción. Las predicciones fecales de la calidad de la dieta de la ecuación entonces fueron validadas contra las de las manadas con calidades conocidas de la dieta. Las ecuaciones desarrolladas hasta la fecha parecen ser altamente confiables a través de un amplio espectro de los tipos del forraje. Actualmente, el GANLab (Grazing Animal Nutrition Laboratory)

puede predecir la proteína cruda dietética (PC%) y la materia orgánica digestible (MOD%) así como el nitrógeno fecal (NF%) y el fósforo fecal (PF%) (GANLab, 2003). Entonces, la aplicación más obvia 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. La dieta de bovinos en pastoreo es sujeta a continuos cambios en la composición química, balance nutricional y capacidad productiva; y si fuera necesaria la suplementación, la efectividad de los costos en suplementar necesariamente dependen de un conocimiento de la calidad actual de la dieta junto con el conocimiento de los requerimientos nutricionales, tanto que la suplementación de los nutrimentos necesitados para lograr las metas de producción, pueden ser determinadas en cualquier punto en el tiempo (el cuándo, qué y cuánto alimentar). Esto no había sido posible debido a: 1) Heterogeneidad de los tipos de vegetación en un pastizal. 2) Selectividad en apacentamiento, lo cual frecuentemente resultaba en que la calidad de la dieta estaba pobremente relacionada con lo que el pastizal ofrecía, y 3) Gran variabilidad climática, que resultaba en patrones estacionales de calidad de la dieta, siendo altamente variable entre años (Coates, 2000).

La información de la calidad de la dieta se puede ligar al sistema de soporte de decisiones Analizador del Balance Nutricional (NUTBAL) Esta herramienta es un software que permite al usuario ingresar la especie, la clase, y la raza del animal que se supervisará; caracteriza la condición corporal y

condiciones ambientales, establece objetivos de peso corporal y después incorpora los resultados de la calidad de la dieta del NIRS. El programa genera un reporte de balance nutricional para la PC y la EN. Si existe una deficiencia, el usuario puede utilizar el NUTBAL u otras herramientas analíticas para determinar la cantidad de alimento de menor costo, necesaria para corregir el problema.

2.3.2. Predicción de las fracciones dietéticas de proteína usando tecnología de NIRS

Proteína es cualquiera de los numerosos compuestos orgánicos constituidos por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos que intervienen en diversas funciones vitales esenciales, tales como el metabolismo, la contracción muscular o la respuesta inmunológica (Enciclopedia Microsoft, 2003). Una limitación importante para la aplicación de un mayor modelo de manejo nutricional avanzado, es la incapacidad de predecir el nivel de la degradación de la proteína cruda en el rumen y el intestino grueso de animales en libertad. La tecnología NIRS se ha utilizado con éxito para predecir la PC y la MOD de rumiantes en libertad (Lyons y Stuth, 1992).

Un proyecto de investigación fue conducido con la colaboración de las estaciones experimentales en varios sitios en el sur – medio de Texas, Texas central, Oklahoma central, y Missouri central. La extrusa esofágica fue sometida

a las técnicas de laboratorio en el GANLab en el campus de la universidad de Texas A&M.

Este programa de investigación sirvió como indicación de la viabilidad de utilizar tecnología de NIRS para predecir sitios diferenciados de la degradación de la proteína en la zona gastrointestinal (GI) de ganado en libre apacentamiento. Las ecuaciones que estiman disponibilidad de la proteína en la zona GI están disponibles para ayudar en procesos de toma de decisión alimenticios. Esta tecnología, al unirse al NUTBAL, genera la información que determina si los requerimientos son satisfechos por el forraje en los sitios específicos en la zona GI de ganado en libre apacentamiento. Alternativamente, la suplementación se podía desarrollar alrededor de esta tecnología para producir un programa alimenticio más eficiente basado en requerimientos encontrados en los sitios específicos de la degradación de la proteína.

Recientes investigaciones en la Universidad de Texas A&M, han desarrollado una técnica que hace uso de la aplicación del sistema de espectroscopía de reflexión Infrarroja NIRS (por sus siglas en inglés) en los agostaderos para predecir la calidad de la dieta que consumen los animales a partir de las heces (Holecheck *et al.*, 1982).

Los resultados de las investigaciones que se han hecho para obtener ecuaciones de predicción más precisas y confiables de proteína cruda y materia orgánica digestible del ganado en libre pastoreo, iniciaron en 1988. A lo largo de eso años los investigadores trabajaron con 850 pares de dietas y heces con

valores conocidos de proteína cruda y materia orgánica digestible, con estas bases de datos dan asistencia técnica a los productores en EUA (GANLab, 2003).

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 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, determinaron 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.

Básicamente, Lyons y Stuth (1992) fundamentan lo anterior en que:

- 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, lo cual hace la técnica interesante.
- La composición de las heces del rumiante se relacionan 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, parénquima, cutícula y tejido vascular), 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 indigestibles de las bacterias del rumen más las células de fermentación de la parte final del tracto gastrointestinal son las fuentes de la materia fecal microbiana.
- Cerca del 86% del nitrógeno fecal en la materia seca de las heces es de origen bacterial y endógeno (74% del primero y 10-15% del segundo).
- No hay evidencia de que la proteína digestible del alimento está en las heces, porque 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.

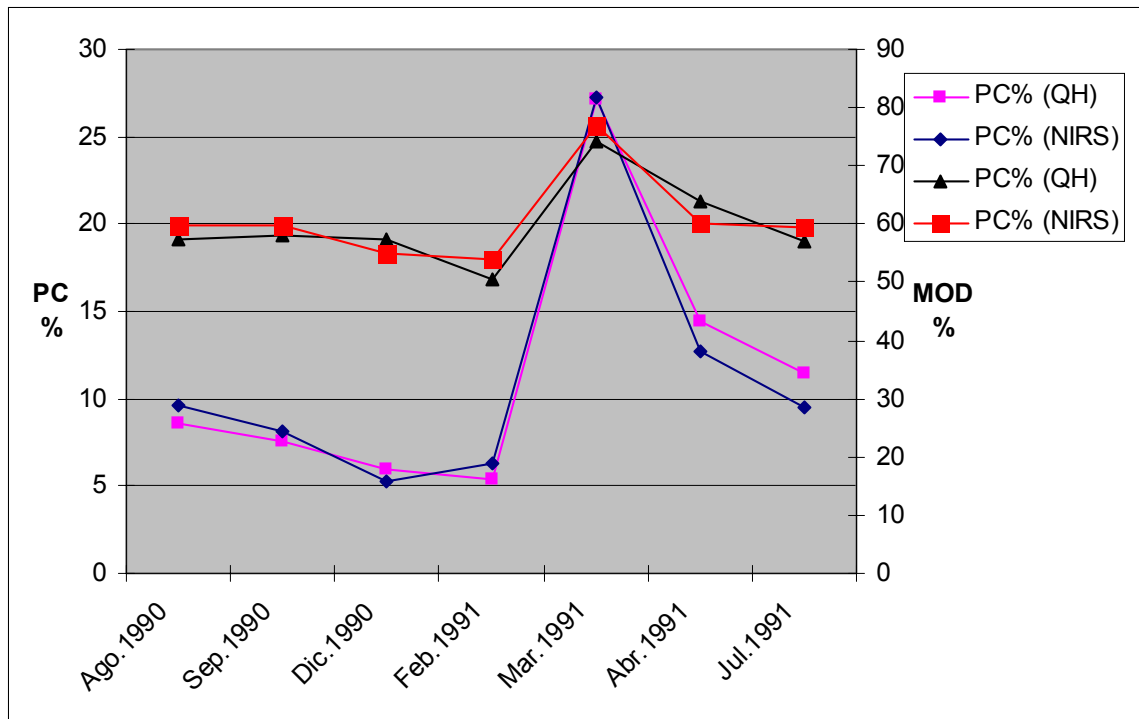
Lyons *et al*, (1995) realizaron una investigación para validar ecuaciones para la predicción de PC y MOD a partir del análisis de las heces del ganado con el sistema NIRS; para ello utilizaron muestras de dietas en toretes fistulados esofágicamente y muestras de heces de toretes, los dos grupos

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 aprecia mejor en el Cuadro 2.7. Tolleson (2001), analizó muestras a través de NIRS y laboratorio encontrando resultados similares a lo reportado por Lyons *et al.* (1995) (Figuras 2.1, 2.2 y 2.3).

Cuadro 2.7. 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.



FFigura 2.1. Gráfica de comparación del contenido de PC y MOD de muestras de toretes fistulados y de heces fecales vía Química Húmeda y NIRS (con datos de Lyons *et al*, 1995).

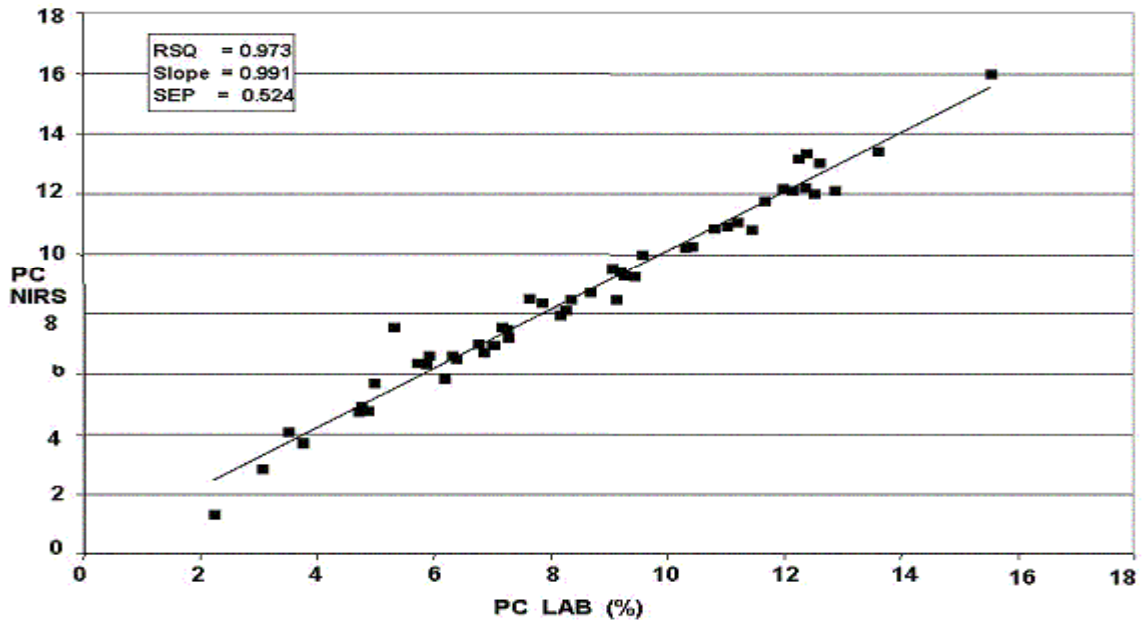


Figura 2.2 Pruebas de laboratorio contra NIRS en Plantas C⁴ para proteína cruda (Tolleson, 2001).

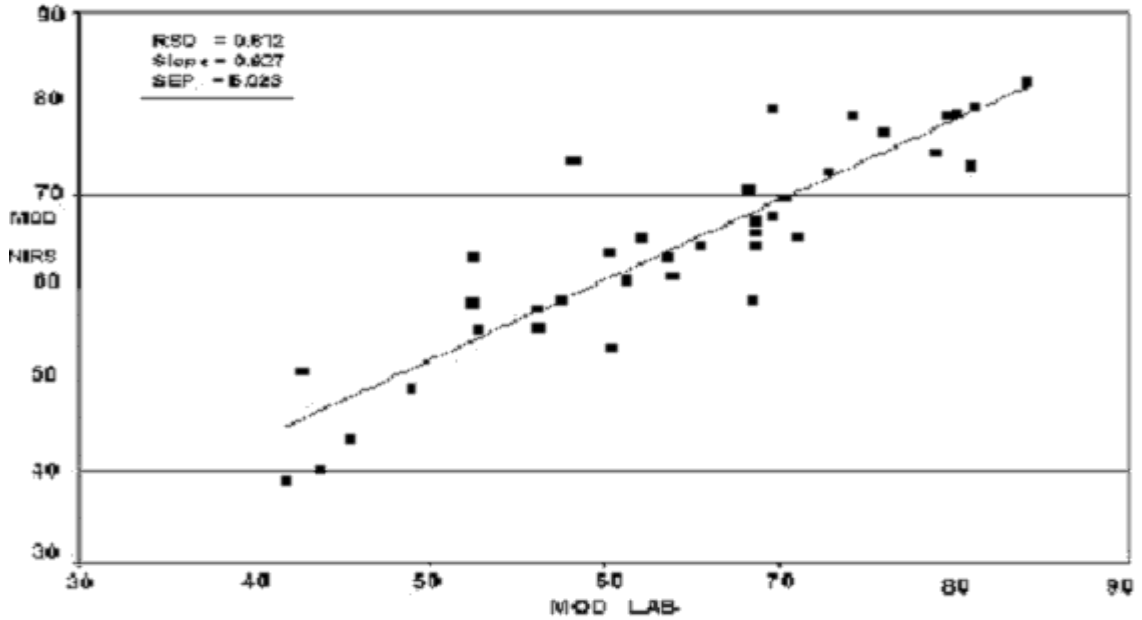


Figura 2.3 Pruebas de laboratorio contra NIRS en plantas C⁴, para materia orgánica digestible (Tolleson, 2001).

Tolleson (2001), reporta el comportamiento de los pastizales de Garfiel Co. MT. USA, de 1995 a 2000, presentando en todos los años un comportamiento similar en cuanto a los porcentajes de PC y MOD (Figura 2.4).

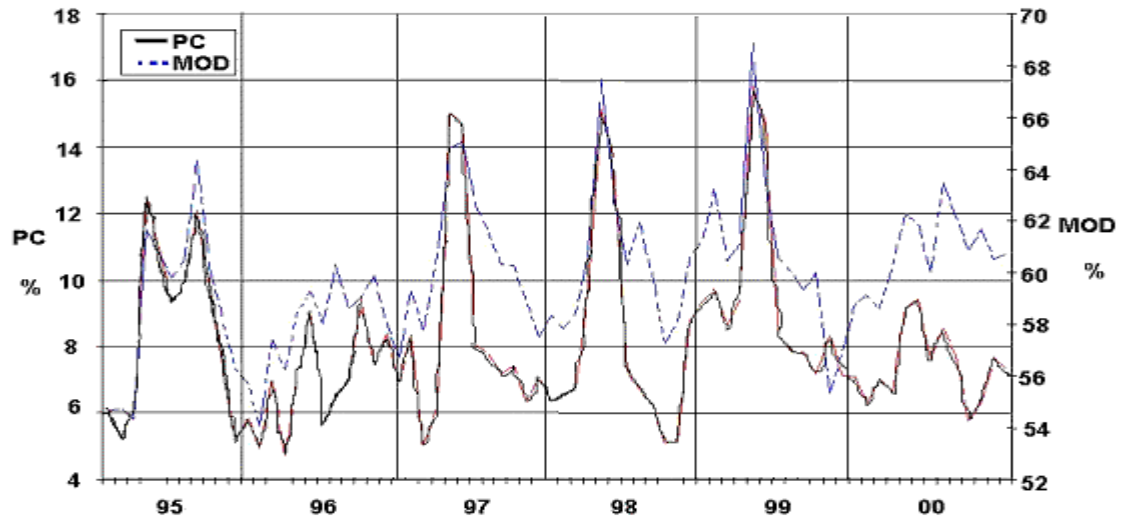


Figura 2.4. Calidad de la dieta de pastizales de Garfield Co. MT, USA.

Así, el NIRS es utilizado para la predicción a partir de las heces los valores de PC y MOD (Abrams *et al.*, 1987; Lyons *et al.*, 1992; Lyons *et al.*, 1993 y Stuth, 1998).

En la actualidad este sistema es utilizado en forma cotidiana por los productores de 42 estados de Estados Unidos de Norte América, mientras que 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).

2.3.3. Procedimiento de análisis

Lyons y Stuth (1991), mencionan que el procedimiento es secar en una estufa a 60°C durante 48 h para poner a peso constante, posteriormente se toman muestras de estas heces que se introducen al NIRS, el cual previamente

se debió haber 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 infrarroja 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 está influenciada por un número y tipo de enlaces químicos en las heces. Las longitudes de onda primarias en las ecuaciones de predicción parecen estar asociadas con la fibra, alcanos y fracciones microbianas de las heces).

La última fase consiste en mandar la información a una computadora, en la cual es almacenada y para su posterior análisis, interpretación y uso (Lyons *et al.*, 1995).

2.3.4. Utilidad del NIRS en nutrición de rumiantes

Debido a la rapidez y al alto grado de exactitud para determinar varios parámetros químicos de material biológico, el sistema NIRS, en un principio ha sido utilizado para predecir el valor nutritivo en la industria alimenticia humana, y desde finales de la década de los setentas se planteó la posibilidad de utilizarla en la valoración nutritiva de granos y forrajes (Holechek *et al.*, 1989).

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.

Steffen (2001), señala que los productores de ganado del estado de

Dakota en U.S.A. que han utilizado las heces para la predicción del perfil nutricional del pastizal a través del NIRS han aumentado la rentabilidad económica en un 64% en un periodo de cuatro años.

Dale y Jolley, (2001) consultores del USDA (por sus siglas en inglés) del estado de California en 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 los índices productivos de su ganado.

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.

Hunnicutt (2000), reporta un estudio para 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. Encontró que la proteína alcanzó niveles que no esperaban encontrar menos del 6% en los meses de agosto, septiembre y enero, para los meses posteriores alcanzó niveles de hasta un 12 % (abril), para la digestibilidad de la materia orgánica del forraje los niveles más bajos se

reportaron en el mes de enero con 55% de MOD y los niveles mas altos se reportan en marzo (63%) 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 e invierno. Así, concluyen que las predicciones obtenidas permiten tomar decisiones de suplementar proteína o energía dependiendo del nutriente deficiente.

Holechek *et al.*, (1982) y Roberts *et al.*, (1987) mencionan que al hacer una investigación donde se compararon el uso del NIRS y la fístula esofágica, encontraron que las estimaciones de PC y MOD que proporciona el NIRS son confiables y pueden utilizarse para tomar decisiones de manejo del agostadero.

Así mismo, reportan los resultados de un estudio donde se comparó el uso del NIRS y la fístula esofágica, encontrando que las estimaciones tanto de PC y MOD que brinda el NIRS son confiables y utilizables para la toma de decisiones de manejo en los pastizales.

2.4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO NUTRICIONAL NIRS/NUTBAL

Hasta hace poco tiempo, el ganadero vio limitada su capacidad para evaluar, de alguna manera confiable, el estado nutricional de su ganado en apacentamiento y así implementar un buen manejo nutricional, por lo que se atenía sólo al viejo sistema de ensayo-error. No existían herramientas analíticas que de manera precisa y económica pudieran interpretar la situación nutritiva de

sus animales en términos de calidad de la dieta consumida, estado fisiológico, forraje disponible, condición del pastizal, factores climáticos y el uso de alimentos complementarios. Con el arribo de rápidas computadoras y el surgimiento de técnicas para desarrollar sistemas de soporte de decisiones (DSS) así como el poder analítico de la espectroscopía de reflectancia cercana al infrarrojo (NIRS, por sus siglas en inglés), confluyen para constituir un mecanismo de provisión de sistemas de asesoría nutricional para herbívoros en libre apacentamiento, entre ellos los bovinos productores de carne. El NIRS es un método de rutina rápido y preciso cada vez más utilizado por la industria, basado en muestras de referencia de las que se conocen los valores de digestibilidad *in vitro* y el valor en EM (AFRC, 1996), que permite detectar a nivel de heces fecales productos de la digestión y relacionarlos con la cantidad de proteína cruda y materia orgánica digestible de la dieta. Eilers (2002), señala que en una investigación hecha a los productores donde se evaluaba el impacto económico con la predicción del valor nutritivo del forraje vía análisis de heces, se observó un aumento en tasa de concepción y en ganancia de peso al destete. Steffen (2001), advierte que los productores que utilizan el NIRS aumentaron la rentabilidad económica en un 64%.

2.5. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES SOBRE EL CONTENIDO DE PROTEÍNA Y LA CONDICIÓN CORPORAL

2.5.1. Precipitación

La precipitación pluvial tiene un efecto marcado sobre la producción anual de materia seca del forraje, y sobre la calidad de la dieta, en cuanto a un aumento en el nivel de proteína cruda y una disminución de la fibra cruda (George *et al*, 1991; Cajal *et al*, 1982).

Tootill (1982), menciona que la lluvia contiene cantidades variables de N en forma de amonio, nitrato y óxidos de nitrógeno y constituye además una fuente importante de N en los sistemas naturales. Empero, en los sistemas agrícolas este aporte (5-25 kg de N/ha/año) es pequeño en comparación a los fertilizantes. La absorción de N por la planta constituye una de las partes más importantes del ciclo del N en los suelos agrícolas, y en los pastizales en la producción de forraje.

Cajal *et al.* (1982), realizaron un estudio en un matorral arbosufrutescente en el estado Sonora, donde correlacionaron precipitación pluvial con el contenido de proteína cruda usando 6 novillos pastoreando un potrero de 60 ha, encontrando una alta correlación positiva de $r=0.85$.

Según Ramírez (1997), al evaluar estadísticamente los datos del estatus de N de experimentos con cabras, que consumían paja de frijol mezclada con diferentes arbustivas nativas del noreste de México, encontró que el consumo de N (g/día) de los chivos fue el mejor indicador de N en la dieta, y el N fecal estuvo correlacionado con el N retenido. Por otra parte, la ingesta de PC está correlacionada con el N retenido en cabras. Así, el N fecal puede ser un indicador del balance de N en rumiantes en pastoreo.

Fernández *et al.* (1990), analizaron el efecto de la frecuencia de corte sobre el rendimiento y valor nutritivo en el pasto estrella, encontrando aumentos en el nivel de proteína cruda (1 a 4.1%) en época lluviosa, comparada con época seca.

2.5.2. Temperatura

George *et al.* (1990), opinan que mientras la precipitación determina el principio y el fin de la estación de crecimiento, la temperatura usualmente determina la tasa de productividad. Aunque los manejadores del pastizal no pueden controlar el clima, sí pueden influir sobre la productividad del forraje y la composición de especies manejando el apacentamiento para dejar una cantidad adecuada de materia seca residual. Durante la estación de invierno el crecimiento de forraje es lento y tanto la cantidad como calidad de éste son insuficientes para apoyar la ganancia o el mantenimiento de peso corporal. La frecuencia de estaciones de forraje pobres y los años pueden ser estimados de base de datos a largo plazo y entonces ser usados para evaluar el riesgo y desarrollar planes de emergencia de sequía.

2.5.3. Insolación

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

luz (días más largos) y por otro las altas temperaturas en el día, inducen al pasto a aumentar su tasa de fotosíntesis. 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 mayor producción de carbohidratos no estructurales en plantas jóvenes, disponibles para el consumo de los animales en apacentamiento (Hodgson, 1990).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación geográfica

La investigación se realizó en el rancho «La Salada», propiedad del ganadero Alfonso Ainslie Montemayor,

El rancho se localiza en el kilómetro 38 de la carretera Zaragoza a Ciudad Acuña en el municipio de Jiménez, Coahuila, entre las coordenadas 100°55'50" longitud oeste y 28°44'30" de latitud norte, a alrededor de 350 msnm (Mendoza, 2003).

3.1.2. Clima

El clima de esta región es: Bs₀ hx' (e): clima seco, semicálido, extremoso, con invierno fresco, lluvias escasas todo el año, con precipitación invernal superior al 10 por ciento.

Donde: Bs₀ 0 el más cálido 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) = extremo, oscilación entre 7 y 14°C.

La temperatura anual es de 20°C a 22°C y la precipitación media anual de 300 a 400 mm, con régimen de lluvias en los meses de Mayo a Noviembre; los vientos predominantes tienen dirección suroeste con velocidad de 15 a 25 kph. La frecuencia de heladas es de 0 a 20 días y granizadas de 0 a 1 día (Mendoza, 1983).

3.1.3. Suelo

Se distinguen dos tipos 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 susceptibilidad a la erosión es moderada.

La mayor parte del uso del suelo del territorio municipal es destinado a la ganadería, y muy poca a la producción agrícola y el área urbana.

3.1.4. Vegetación

El tipo de vegetación en el rancho corresponde al matorral mediano espinoso. Dicha vegetación está formada por un conjunto de arbustos medianos, de 1 a 2 metros de altura (si existen derramaderos con acumulación de humedad suele formarse un matorral alto con individuos de hasta 4 m o más, provistos de hojas o foliolos y espinas. Las especies que imperan en esta comunidad vegetal son: chaparro prieto (*Acacia rigidula*), guajillo (*A. berlandieri*), mezquite (*Prosopis juliflora*), cenizo (*Leucophyllum texanum*), huizache (*Acacia farnesiana*), zacate

mezquite (*Hilaria belangeri*), nopal kakanapo (*Opuntia lindheimeri*), toboso (*Hilaria mutica*), mezquite (*Prosopis glandulosa*) y gatuño (*Acacia greggii*).

Dentro de las especies deseables (o de valor forrajero) de este tipo de vegetación se encuentran: zacate rizado (*Panicum halli*), zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*), navajita (*B. gracilis*), navajita velluda (*B. hirsuta*), navajita roja (*B. trifida*), zacate temprano (*Setaria macrostachya*), escobilla (*Leptoloma cognatum*), gigante (*Leptochloa dubia*), toboso (*Hilaria mutica*) y punta blanca (*Trichachne californica*).

Como especies indeseables (con poco o sin valor forrajero) se tienen a los zacates tridente (*Tridens muticus*), zacatón alcalino (*S. airoides*), amor perennes (*Eragrostis spp.*), pata de gallo (*Chloris verticillata*), zacate galleta (*Hilaria jamesii*), zacate lumerillo (*Pappophurum mucronulatum*), punta blanca (*Andropogon saccharoides*), popotillo plateado (*A. barbinodis*). Las arbustivas guajillo (*Acacia berlandieri*), chaparro prieto (*A. rigidula*), engorda cabra (*Dalea tuberculata*), ebanillo (*Calliandra eriphylla*) y nopal kakanapo (*Opuntia lindheimeri*) (Vázquez, 1992).

Las plantas forrajeras que consumen comúnmente los animales en el rancho se presentan en el (Cuadro 3.1).

3.1.5. Características del rancho

El rancho cuenta con una superficie aproximada de 5800 ha, las cuales están divididas en 8 pastas o potreros. Tiene una altitud que varía de 300 a 350 msnm.

Cuadro 3.1. Plantas forrajeras consumidas por el ganado en el rancho La Salada

| Familia | Género | Especie | Nombre común | |
|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------|
| Cactaceae | <i>Opuntia</i> | <i>lindheimeri</i> | Nopal Kakanapo | |
| Facaceae | <i>Acacia</i> | <i>fanésiana</i> | Huizache | |
| | <i>Eysenhardtia</i> | <i>texana</i> | Vara dulce | |
| | <i>Leucaena</i> | <i>sp</i> | Leucaena | |
| Poaceae | <i>Bothriochloa</i> | <i>laguroides</i> | Z. popotillo plateado | |
| | <i>Bouteloa</i> | <i>curtipendula</i> | Z. banderita | |
| | <i>Bouteloa</i> | <i>trifida</i> | Z. navajita roja | |
| | <i>Buchloe</i> | <i>dactyloides</i> | Z. búfalo | |
| | <i>Cynodon</i> | <i>dactylon</i> | Z. pata de gallo | |
| | <i>Digitaria</i> | <i>cognata</i> | Z. escobilla | |
| | <i>Hilaria</i> | <i>mutica</i> | Z. tobozo | |
| | <i>Leptochloa</i> | <i>dubia</i> | Z. gigante | |
| | <i>Nasella</i> | <i>leucotricha</i> | Z. agujilla | |
| | Panicum | <i>Panicum</i> | <i>coloratum</i> | Z. klein |
| | | <i>Panicum</i> | <i>obtusum</i> | Z. mesquite |
| <i>Setaria</i> | | <i>leucopila</i> | Z. tempranero | |
| <i>Sporobolus</i> | | <i>cryptandrus</i> | Z. arenoso | |
| Scrophulariaceae | <i>Leucophyllum</i> | <i>frutescens</i> | Cenizo | |

Fuente: Vásquez, 1992.

El área donde se realizó la investigación comprendió las ocho pastas del rancho donde apacentaron ambos hatos (Figura 3.1), con una superficie de alrededor de 662 hectáreas cada una. Las pastas cuentan con cinco agujeros cada una, además de saladeros. El rancho también cuenta con tres corrales de manejo, básculas, y baños de inmersión.

3.1.6. Caracterización del sistema de producción del rancho

Al inicio del estudio, el rancho contaba con 260 vientres, divididos en dos hatos de 2 a 10 años de edad, cada uno con 130 animales, además de un hato de 13 toros que se incorpora a ambos hatos en el período de empadre. A la fecha, y adicional a estos animales, se explotan ovinos, caprinos y equinos, correspondiendo 10 animales maduros y 8 corderos para el primer grupo; 36

animales maduros y 21 cabritos para el segundo, y 12 caballos con 12 yeguas. El empadre del ganado se realiza durante los meses de junio a agosto, los destetes se realizan de septiembre a noviembre, y los partos ocurren entre los meses de febrero y marzo. El destete se lleva a cabo en los meses de octubre a noviembre, ocurriendo de 7 a 8 meses de edad de los becerros. El sistema de explotación es vaca – becerro, en el cual su principal objetivo es la cría de becerros para exportación y como segundo objetivo engordar hembras para el consumo en el mercado local, parte de esas hembras (10-35%) son para reemplazo.

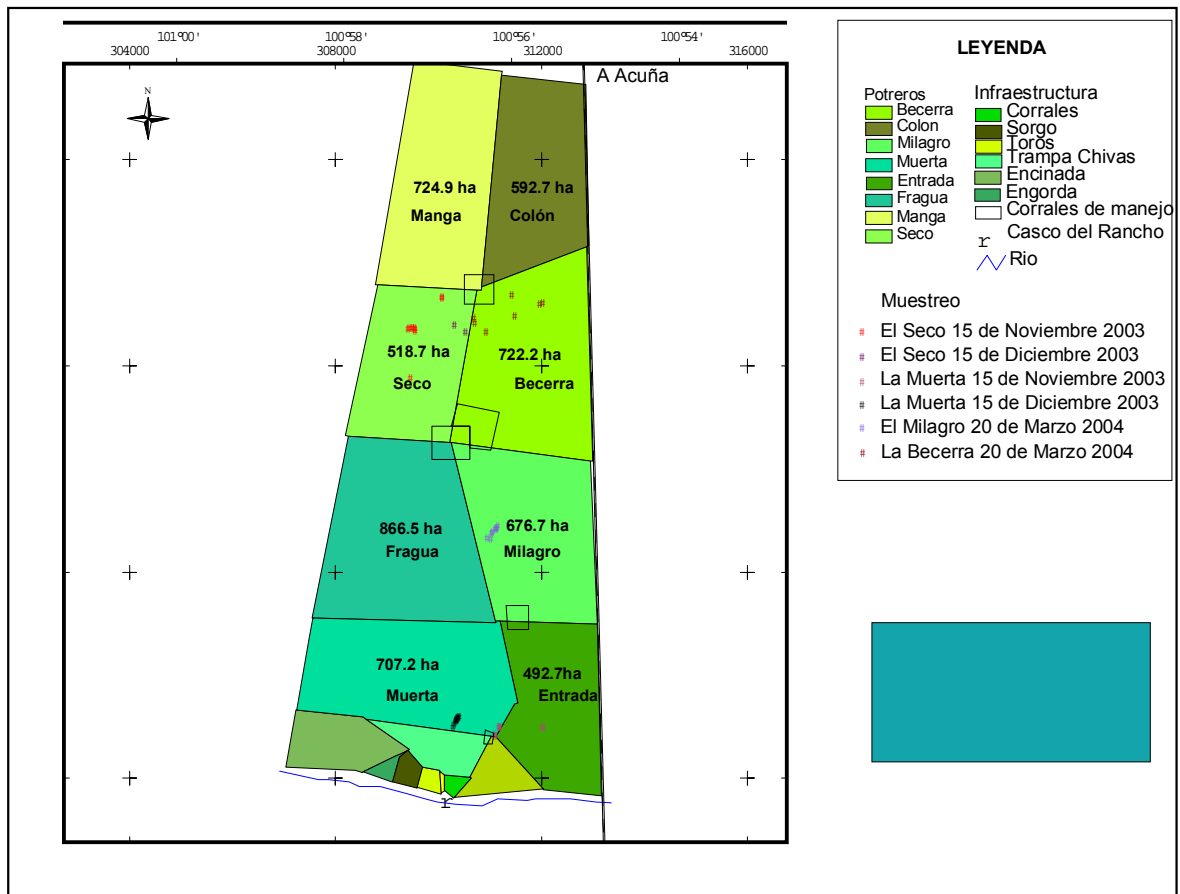


Figura 3.1. Mapa del rancho “La Salada

La producción de becerros al destete para el año 2002 fue de 61 hembras y 61 machos, con un peso vivo promedio de 153 kg para hembras y de 160 kg para

los machos, estos últimos fueron exportados a EUA en septiembre Para el 2003, la cosecha fue de 35 hembras y 39 machos vendidos a un promedio de 250 kg de peso vivo. Las vacas de desecho son vendidas alrededor de los 15 años. Otra actividad indirecta es la explotación de la fauna silvestre para cacería durante el invierno.

3.2. MATERIALES

3.2.1. Características de los animales utilizados

Se utilizaron animales de ambos hatos. La raza de las vacas se conforma de la siguiente manera: un medio de Simmental por un medio de (Charolais, Hereford y Brahaman). Al principio del monitoreo (septiembre) las vacas estaban en la época de empadre, y para el fin del estudio (marzo) en estado de lactancia.

3.2.2. Materiales de muestreo

Se usaron también:

- Bolsas de plástico Zip-Loc (250 o 500 g)
- Hielo para conservar las muestras colectadas
- Hielera
- Congelador de la Unidad metabólica de la UAAAN
- Caja de poliestireno
- Bolsas de hielo seco o gel congelado
- Forma de información de muestra del laboratorio GAN
- Cinta adhesiva y etiquetas de correo
- Marcador permanente

- Cámara fotográfica digital
- Geoposicionador satelital (GPS)

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. Calificación de la condición corporal

Se evaluó la condición corporal en una escala de 1 a 9, basada en el cuadro de Richards *et al.* (1986) a alrededor de 15 vacas por hato en las pastas, que estuvieran perfectamente visibles y se les tomaron fotografías, posteriormente se hacía la colección de heces.

3.3.2. Colección de heces

Se colectaron las muestras de heces aproximadamente cada 30 días a partir del 13 de septiembre del 2003 hasta el 19 de marzo del 2004. Se tomaron 10 muestras de heces recientes por hato, tomando en cuenta que fueran las más recientes en lo posible; libres de insectos, tierra, piedras, agua de lluvia, etc., con un peso aproximado de 100 g c/u, colocándolas dentro de bolsas Zip-loc con su correspondiente identificación, y puestas en hielera para su conservación hasta el congelador de la Unidad Metabólica y su posterior envió al GANLab para su análisis.

Previo 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 las vacas. 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 su dirección y la dirección del GANLab.

3.3.3. Análisis de heces

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

Al tiempo de recibir la muestra fecal, la información en las formas es introducida en la base de datos del GAN Lab 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 extraerle toda la humedad.

Después de que la muestra ha sido secada por 24 h, es molida a un tamaño uniforme.

Las muestras son entonces colocadas en un pequeño sobre y regresadas al horno de secado por otras 24 h para remover el restante de humedad y estabilizar la muestra antes de la lectura.

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.

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 infrarrojo es medida. Los valores del

espectro son entonces correlacionados con las ecuaciones desarrolladas de diferentes juegos de calibraciones.

3.3.4. Datos de condiciones climáticas

Los datos de las condiciones climáticas fueron obtenidas en la estación meteorológica del municipio de Zaragoza, Coahuila, y en el observatorio de la Comisión Nacional del Agua, del municipio de Piedras Negras, debido a que en la primera no se contaba con la medición de insolación, humedad relativa y velocidad del viento.

3.3.5 Implementación del Sistema de Manejo Nutricional NIRS/NUTBAL

El software NUTBAL (Nutritional Balance Analyzer), permitió la estimación del balance de proteína cruda y el balance de la energía neta de mantenimiento (ENm) / energía neta de ganancia (ENg) asociándola con la estimación de proteína cruda (PC) y materia orgánica digestible (MOD), para determinar el balance nutricional de los hatos para cada período de muestreo y su proyección a 30 días.

3.3.6. Procedimiento experimental

El estudio se concretó en la investigación de las funciones de correlación estadística y ecuación de regresión de la condición corporal (CC) con el perfil nutricional del pastizal (PC y MOD), y del promedio de las variables meteorológicas (precipitación, temperatura media e insolación) registradas durante el estudio, de 30 días previos a cada muestreo.

Todos los análisis se realizaron mediante el programa estadístico STATISTICA, versión 9.

3.3.6.1. 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.

3.3.6.2. 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, por tanto, 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 $y = a + bx_i$ para la cual la suma de los cuadrados 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:

$$y_1 = A + B X_i \text{ (regresión simple).}$$

Donde:

x_i = Variable independiente, en este caso fueron el perfil nutricional del pastizal (proteína cruda y materia orgánica digestible), y las variables climatológicas (precipitación pluvial, temperatura media e insolación.

y_i = Variable dependiente, que fue la condición corporal.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que a continuación se presentan fueron obtenidos de observaciones durante el periodo de monitoreo de los dos hatos en apacentamiento desde septiembre del 2003 a marzo del 2004.

4.1. PERFIL NUTRICIONAL

En la Figura 4.1 se 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 de los hatos (CC).

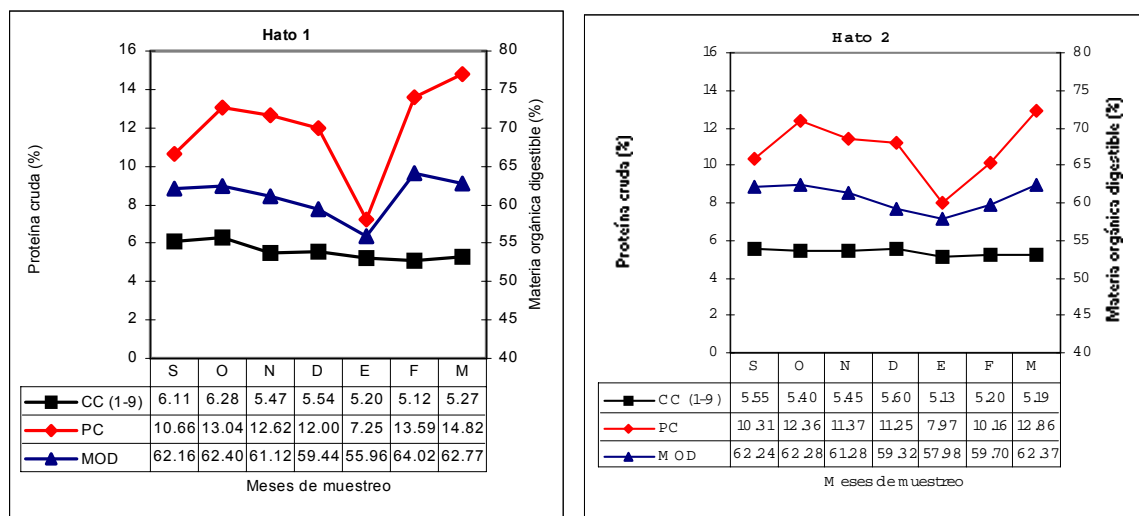


Figura 4.1. Tendencia del perfil nutricional del pastizal (PC y MOD) y su efecto en la condición corporal del ganado.

Como se puede apreciar en la tendencia de la gráfica anterior (Figura 4.1), la CC de los animales tuvo un ligero descenso a partir de los meses de octubre para el hato 1 con 6.28 y en diciembre, con 5.6 para el hato 2, hasta llegar a su punto más bajo en el mes de febrero para el hato 1 con 5.12 y en enero para el hato 1 con 5.13.

Tal como señala Terrel (2002) el hecho de que el ganado se mantuviera en una CC arriba de 5, le permitió mantener reservas corporales bajo el impacto de los meses de invierno donde hubo baja calidad de forraje, y así reducir el efecto de las bajas temperaturas.

El perfil nutricional promedio del hato1 fue mejor que el hato 2 para todos los nutrientes analizados, con una diferencia entre hatos de alrededor de 1% para PC, y menos de 1% para MOD, reflejándose en una mejor condición corporal promedio para el primer hato, de 5.57 contra 5.36 del hato 2 (ver apéndice C).

Sin embargo, en el análisis de correlación no hubo efecto significativo del perfil nutricional del pastizal sobre la condición corporal del ganado (Figura 4.2), ya que la correlación para PC con CC fue de $r=0.02$ (nula) y de $r=0.29$ (baja) para el hato 1 y 2, respectivamente ($p<0.05$). Sin embargo, aunque la MOD tampoco tuvo efecto significativo, la correlación de MOD con CC fue de $r=0.22$ (baja) para el hato uno y $r=0.29$ (baja) para el hato 2 ($p<0.05$) ello pudo deberse a que los niveles de PC y MOD se mantuvieron constantes durante el estudio salvo en el mes de enero, donde los niveles de PC cayeron a niveles de 7.25 y 7.97% para el hato 1 y 2, respectivamente, y los niveles de MOD cayeron a 55.96 y 57.98%, para los hatos 1 y 2, respectivamente. De esta manera, la

condición corporal del ganado del hato 1, varió de 6.28 de CC desde su punto más alto en octubre, a 5.12 para febrero, con una diferencia de sólo 1.16 puntos de CC; mientras que para el hato 2 el punto más alto ocurrió en diciembre, con 5.6 y cayó a 5.13 para enero en su punto más bajo, por lo que la diferencia fue de sólo 0.47 puntos de CC. Así, la condición corporal si bien fue poco más del doble para el hato 1 respecto al hato 2, nunca bajó de 5, por lo que el efecto del perfil nutricional sobre los cambios de CC fue insignificante.

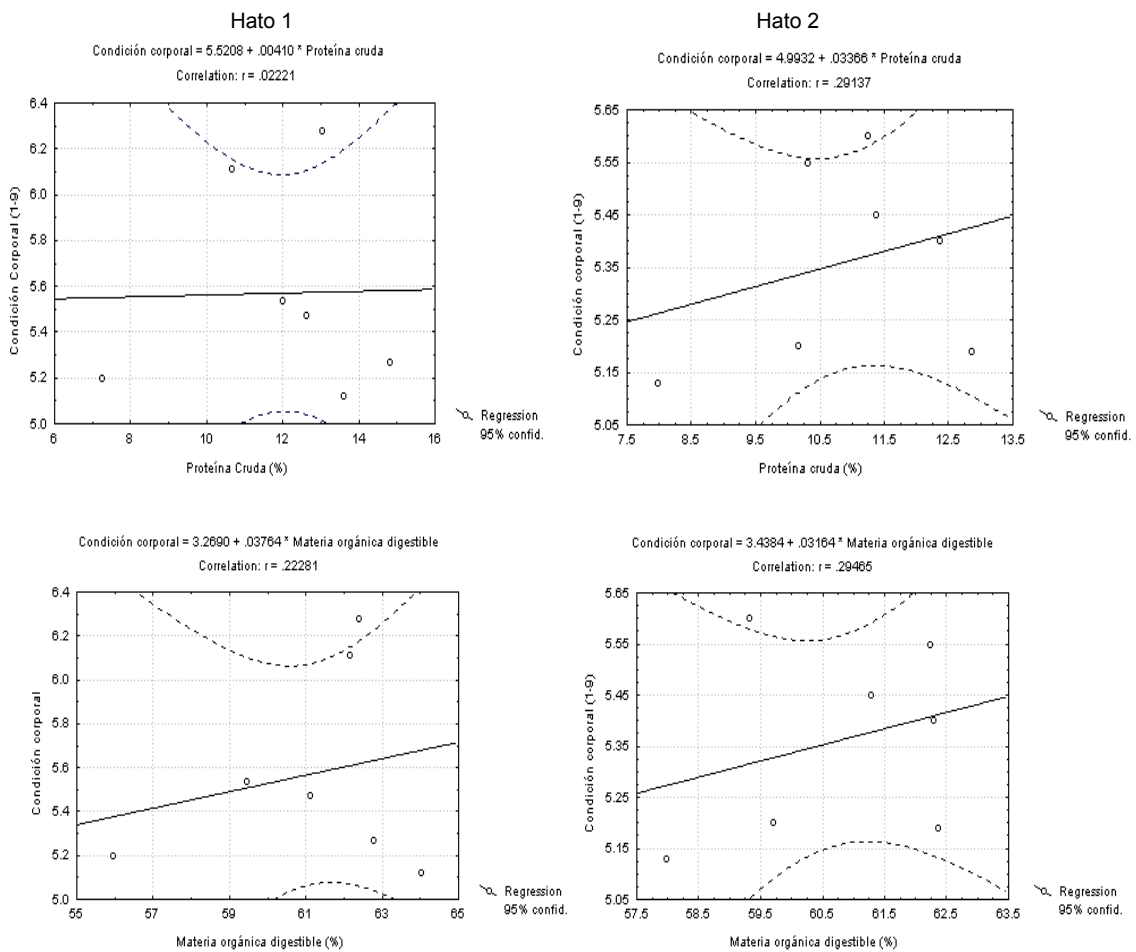


Figura 4.2. Diagramas de dispersión y ecuación de predicción para la relación PC-CC y MOD-CC para los hatos 1 y 2.

4.2. VARIABLES CLIMÁTICAS

4.2.1. Condición corporal – Precipitación pluvial (CC-PP)

La precipitación pluvial durante el estudio fue relativamente extraordinaria, ya que a comparación de los años anteriores la precipitación fue muy benevolente en la región de estudio y eso se reflejó en un nivel de proteína cruda relativamente alto para los meses de otoño (Figura 4.3).

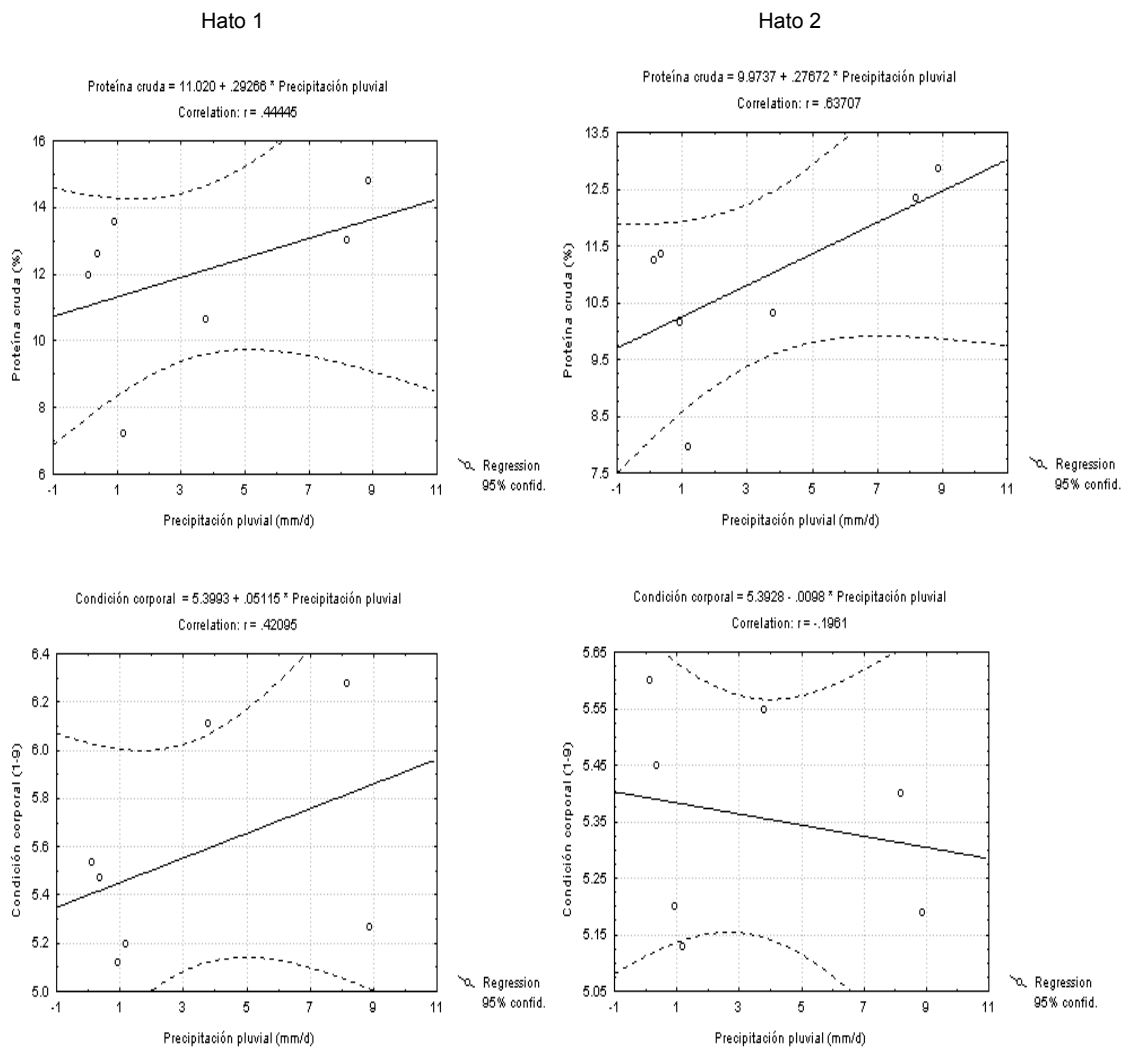


Figura 4.3. Diagramas de dispersión y ecuaciones de predicción para la relación PP – PC y PP – CC.

La correlación de PP con CC para el hato 1, fue positivamente moderada con $r=0.42$, comparada con el hato 2 donde fue negativamente baja, con una correlación de $r=-0.20$, no siendo significativa en ambos casos ($p<0.05$). Sin embargo, fue positiva sobre la PC tanto para el hato 1 como para el hato 2, con correlaciones de $r=0.44$ (moderada), y $r=0.64$ (buena), respectivamente ($p<0.05$), y mantuvo una tendencia muy marcada durante el estudio afectando el nivel de PC (Figura 4.4).

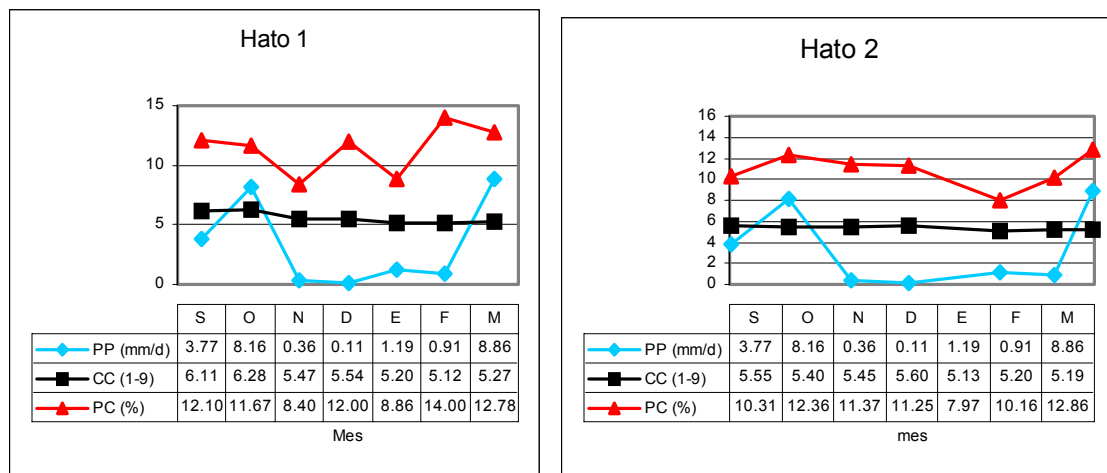


Figura 4.4. Tendencia de la precipitación pluvial, el nivel de proteína y la condición corporal.

Tal como señala George (1990), la lluvia afectó el nivel de proteína en la dieta del ganado, logrando ésta su nivel más alto en el mes de marzo, cuando se registró la mayor PP en el rancho, mas no tuvo impacto en la condición corporal, quizá debido a que la mayor parte de las vacas se encontraban en etapa de lactancia y los requerimientos rebasaban los aportes nutritivos del pastizal.

4.2.2. Condición corporal – Temperatura (CC-TMED)

En la Figura 4.5 se muestra el efecto de la temperatura sobre la calidad de la dieta y sobre la condición corporal del ganado.

La temperatura tuvo una correlación positiva muy baja con el perfil nutricional del pastizal en el hato 1 con $r=0.20$ (baja), y moderada correlación positiva para el hato 2 con $r=0.43$ ($p<0.05$), mas tuvo significancia para el hato uno sobre la condición corporal $r=0.87$ y una correlación buena $r=0.55$ para el hato 2

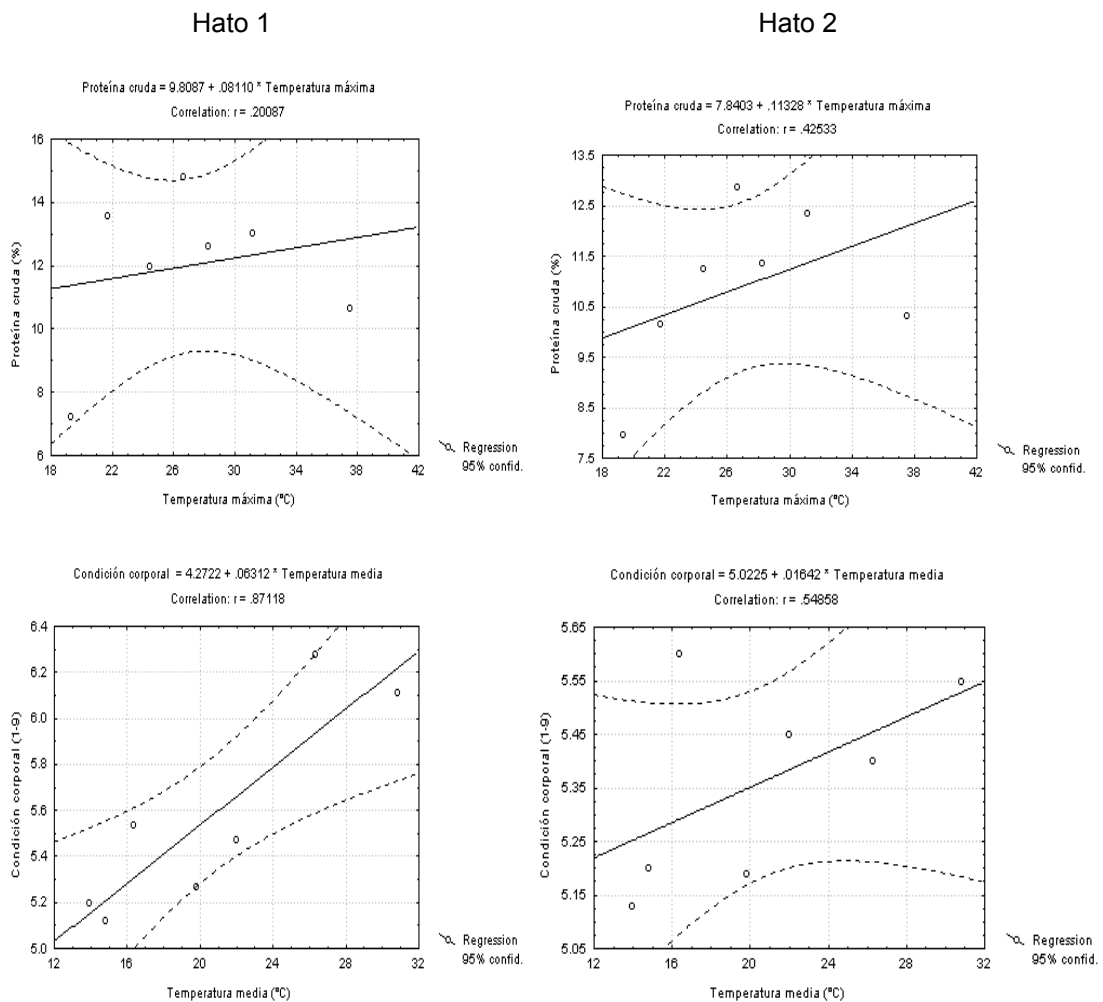


Figura 4.5. Diagramas de dispersión y ecuaciones de predicción para la temperatura con el perfil nutricional de la dieta y la condición corporal.

($p > 0.05$). Aunque en teoría la temperatura puede tener efecto sobre el consumo ya sea inhibiéndolo o promoviéndolo, cuando se conjunta con altas precipitaciones, se fomenta el rebrote de los tallos, los cuales contienen en esa etapa altos niveles de proteína cruda (Hodgson, 1990).

En la Figura 4.6 se muestra la tendencia de la temperatura media y de la condición corporal.

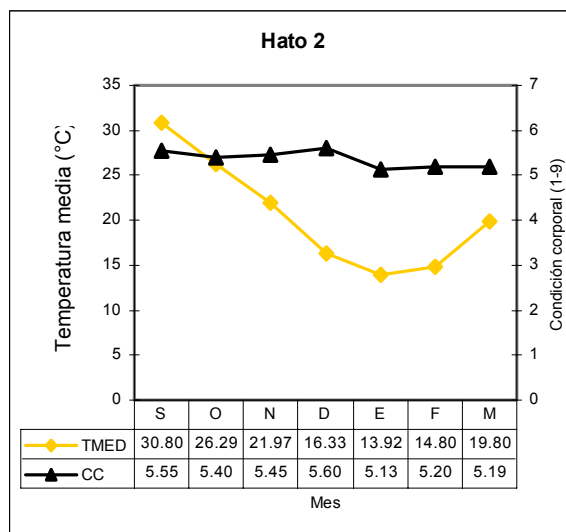
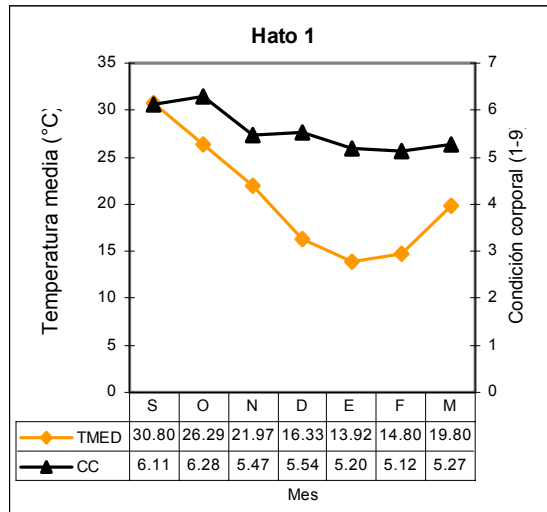


Figura 4.6. Tendencia de la temperatura con la condición corporal.

La tendencia es importante en el hato 1, donde después de una decrecimiento de temperatura en el mes de febrero, inmediatamente hay un incremento en marzo, donde la condición corporal también se incrementa ligeramente en el hato 1 mientras que en el hato 2 se mantuvo en el mismo nivel.

Hunnicut *et al.* (2000) al estudiar niveles de PC y MOD en forrajes en el mes de enero, reportan 5% de PC y 55% de MOD, coincidiendo con los niveles

de 8 y 7% de PC encontrados en este estudio y por los reportados por Lyons *et al.* (1995) en periodo de invierno, donde reportaba 5% de PC. Además, los mismos autores encontraron que conforme entra la primavera los niveles de PC y MOD se incrementan gradualmente.

4.2.3. Condición corporal – Insolación

Si bien la insolación se supone no se relaciona con aumentos de peso en pastoreo, sí puede tener influencia indirecta al permitir mayor fotosíntesis de las plantas con lo que la disponibilidad de forraje aumenta. En la Figura 4.7 se muestra el efecto de las horas luz por día sobre la condición corporal.

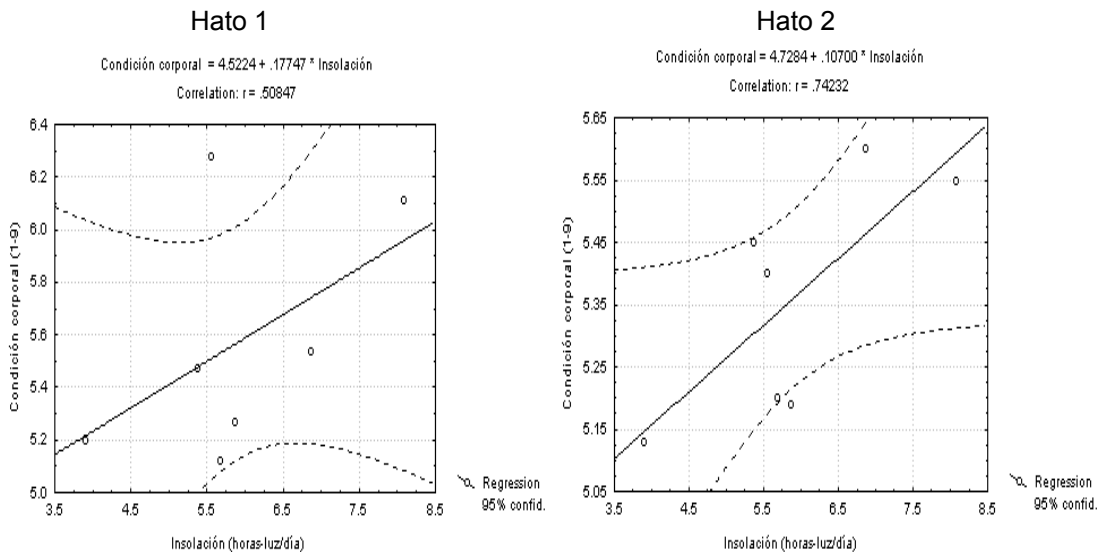


Figura 4.7. Diagramas de dispersión y ecuaciones de regresión para las variables insolación y condición corporal.

En esta figura se observan correlaciones aceptables tanto para el hato 1 con $r=0.51$ como para el 2 con $r=0.74$. Aunque no hubo significancia ($p < 0.05$), sí se observa la tendencia de que a mayor insolación se incrementa la

condición corporal. Humedad en el suelo, incremento de temperaturas y mayor insolación, promueven la producción de forraje que se refleja en la condición corporal.

4.3. DURACIÓN EN PASTAS

Los hatos que apacentaban en el rancho, debido al manejo que se les proporciona, en un principio deberían permanecer en cada pasta por un periodo aproximado de un mes para posteriormente ser cambiados a otra pasta; sin embargo, en los meses en que se efectuó el empadre y se practicó la cacería de venado, los animales tuvieron que permanecer en las pastas por periodos de 2 a 3 meses. En el Cuadro 4.1 se muestran los días que permanecieron los hatos en cada pasta durante el estudio.

Cuadro 4.1. Tiempo aproximado de permanencia en pastas.

| Pasta | Superficie (has) | TP (días) | PC (%) | MOD (%) | CC (1-9) |
|---------------|------------------|-----------|--------|---------|----------|
| Hato 1 | | | | | |
| Entrada | 492.7 | 60 | 11.85 | 62.28 | 6.20 |
| Muerta | 707.2 | 105 | 10.62 | 58.84 | 5.40 |
| Fragua | 866.5 | 30 | 13.59 | 64.02 | 5.12 |
| Milagro | 676.7 | 30 | 14.82 | 62.77 | 5.27 |
| Hato 2 | | | | | |
| Becerra | 722.2 | 90 | 11.38 | 62.26 | 5.48 |
| Seco | 518.7 | 105 | 10.20 | 59.53 | 5.39 |
| Manga | 724.9 | 30 | 10.16 | 59.70 | 5.20 |
| Colón | 592.2 | 30 | 12.86 | 62.37 | 5.19 |

En la Figura 4.8 se muestran el efecto de la permanencia en pasta sobre la condición corporal de los animales.

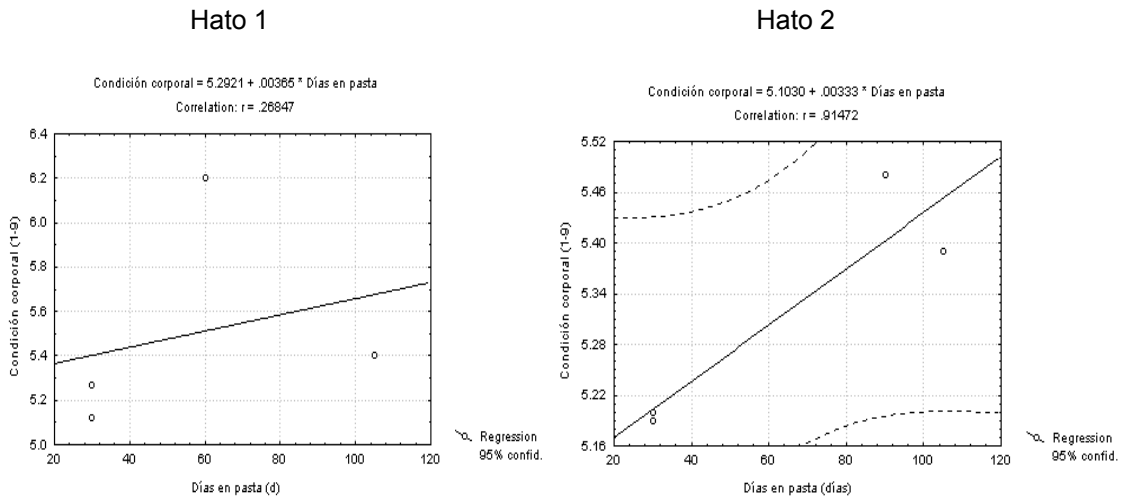


Figura 4.8. Diagrama de dispersión y ecuación de predicción para días de permanencia en pasta sobre la condición corporal.

A pesar de existe correlación positiva para los dos hatos, la tendencia que aparece en la figura parece indicar que los animales pueden permanecer en una pasta hasta dos meses, ya que cuando los hatos permanecieron por tres meses en una misma pasta, la calidad de la dieta y la condición corporal tendió a bajar (Figura 4.9), probablemente como resultado de que las especies preferidas por el ganado escaseaban.

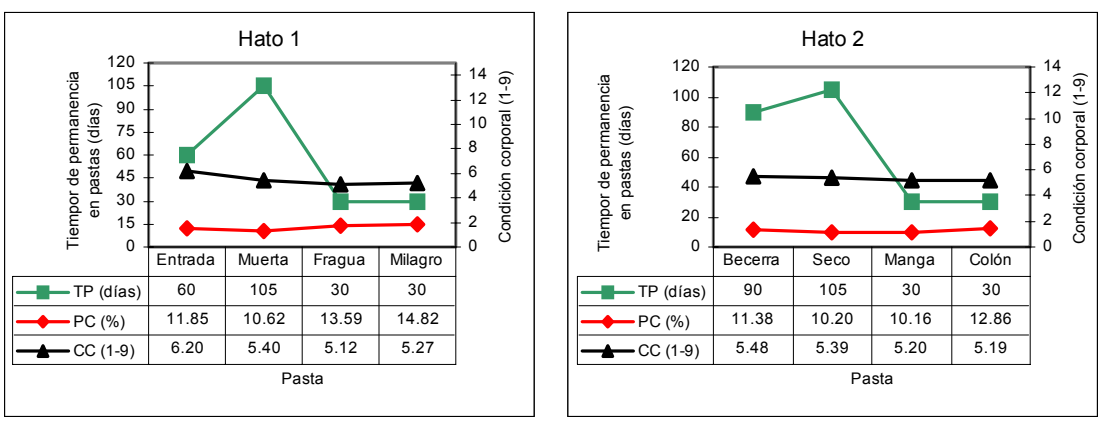


Figura 4.9. Tendencia del perfil nutricional del pastizal, y de la condición corporal respecto del tiempo de apacentamiento en cada pasta.

Los resultados nos indican que existe una correlación entre baja y moderada para la relación entre MOD y CC, así como para PC y CC. Adicionalmente, la PP tuvo un efecto moderado sobre el nivel de PC en el forraje consumido por el ganado durante el estudio, y hubo alta correlación negativa entre la TP y el nivel de PC, así como la CC.

Al realizar el cálculo de la correlación entre las variables, se encontró una relación entre baja y moderada para CC con PC y moderada con MOD, lo que sugiere que el nivel de PC de la dieta tiene un efecto menor que la MOD sobre la CC de los animales en pastoreo extensivo, toda vez que el cuerpo del animal necesita primero suficiente energía para producir músculo, y en animales que nunca bajaron su condición corporal por debajo de 5, y que promediaban 5 años de edad, quizá la proteína de la dieta fue opacada por la materia orgánica para acumular grasa en vez de fabricar músculo. La precipitación pluvial tuvo una influencia marcada sobre el nivel de proteína en el dieta, por lo que los animales incluso en los meses de invierno pudieron tener una aceptable CC. La insolación tuvo una fuerte correlación con los niveles de MOD, ayudando esto a aumentar la CC indirectamente.

Por otra parte, el tiempo en permanencia en la pasta (TP) también tuvo una correlación negativa sobre el nivel de PC en la dieta y sobre la MOD al menos para el hato 1, lo cual a su vez tuvo repercusión sobre la CC y muestra cómo a mayor tiempo en una pasta, la condición se ve mermada por la caída en los niveles de PC y MOD que puede ofrecerle el pastizal al ganado.

Así, a pesar de que hubo efecto de la permanencia en pastas sobre la condición corporal por incluso más de tres meses en una misma pasta, la

precipitación fue suficiente para que la calidad de la dieta no cayera tan abruptamente y los animales no tuvieran un decremento en la condición corporal. Esto se vió reflejado en cuanto a la productividad del rancho y en la cosecha de becerros que superó por mucho las cosechas anteriores en el rancho (Cuadros 4.3 y 4.4).

Cuadro 4.2 Productividad del rancho para el ciclo 2003-2004.

| Concepto | Hato | | Rancho |
|--------------------------|-------|-------|--------------|
| | 1 | 2 | |
| Vacas | 130 | 130 | 260 |
| Vacas desechadas | 5 | 5 | 10 |
| Crías nacidas | 112 | 116 | 228 |
| Crías muertas | 2 | 5 | 7 |
| Crías actuales | 110 | 111 | 221 |
| % concepción | 86.15 | 89.23 | 87.69 (prom) |
| % mortalidad de becerros | 1.79 | 4.31 | 3.05 (prom) |
| % destete esperado | 84.62 | 85.38 | 85.00 (prom) |

Cuadro 4.3 Cosecha de becerros de los últimos tres años en el rancho.

| Año | Machos | Hembras | Total |
|------------|---------------|----------------|--------------|
| 2002 | 61 | 67 | 128 |
| 2003 | 35 | 39 | 74 |
| 2004 | 110 | 111 | 221* |

*preliminar

4.4. PREDICCIÓN DEL NUTBAL

Al comparar las predicciones del NUTBAL con la información obtenida de las heces fecales mediante el NIRS, así como las variables climáticas (temperatura, humedad), se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.4. Análisis comparativo de la condición corporal predicha al próximo muestreo para vacas abiertas no-lactantes.

| | Hato 1 | | | Hato 2 | | |
|-------------------------------|----------|---------|------------------|----------|---------|------------------|
| | CC pred. | CC real | Diferencia de CC | CC pred. | CC real | Diferencia de CC |
| | 6.52 | 6.28 | 0.24 | 6.01 | 5.40 | 0.61 |
| | 6.89 | 5.47 | 1.42 | 6.09 | 5.45 | 0.64 |
| | 6.20 | 5.54 | 0.66 | 6.20 | 5.60 | 0.60 |
| | 6.51 | 5.20 | 1.31 | 6.54 | 5.13 | 1.41 |
| | 5.62 | 5.12 | 0.50 | 5.67 | 5.20 | 0.47 |
| | 5.83 | 5.27 | 0.56 | 5.65 | 5.19 | 0.46 |
| | 6.01 | 5.15 | 0.86 | 5.90 | 5.13 | 0.77 |
| Coeficiente de correlación r= | | 0.48 | | | 0.21 | |
| Promedio | 6.23 | 5.43 | 0.79 | 6.01 | 5.30 | 0.71 |
| Varianza | 0.20 | 0.16 | | 0.10 | 0.03 | |
| Desviación estándar | 0.44 | 0.40 | | 0.32 | 0.18 | |
| Coeficiente de Variación | 0.07 | 0.07 | | 0.05 | 0.03 | |
| Error estándar | 0.17 | 0.15 | | 0.12 | 0.07 | |

En apariencia, la condición corporal predicha por el NUTBAL está sobrestimada, debido a que en un mismo hato se encontraban vacas gestantes y vaquillas, lo que pudo mermar, en promedio, la capacidad de los animales para ganar más condición corporal. Así, los animales del hato 1 podrían haber ganado más condición corporal.

El sistema NIRS/NUTBAL es alimentado tanto por las variables climatológicas como por la caracterización de los animales. De esta manera, el uso de datos meteorológicos, tales como precipitación pluvial, temperatura e insolación, aunado a la condición corporal y al perfil nutricional de las heces de animales en pastoreo extensivo, son necesarios para tomar medidas de manejo

más eficientes para el productor, tales como el balance nutricional de los animales en la pasta, ajuste de carga animal, momento idóneo para la rotación de pastas, o en su defecto, la cantidad de suplemento necesario para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales según su etapa fisiológica. Para tener un mejor entendimiento y control del balance nutricional de los animales, es recomendable la segmentación de los hatos por estado fisiológico, ya que en el caso de vacas lactantes, la condición corporal de los animales es dependiente de la demanda de nutrientes durante la lactancia. De esta manera, son necesarios más estudios con hatos uniformes por edad y/o estado fisiológico para tener una mayor confiabilidad de la relación entre la calidad de la dieta, la condición corporal del ganado en apacentamiento, y su validación con las predicciones del NUTBAL.

5. CONCLUSIONES

- 👤 No hubo significancia entre los cambios del perfil nutricional del pastizal (proteína cruda y materia orgánica digestible) y la condición corporal de los hatos debido a que la condición corporal de los animales se mantuvo en un rango de calificación de 5 a 6. Sin embargo, la tendencia de ambos (CC-PC) a través del tiempo fue muy estrecha.

- 👤 La precipitación pluvial incrementa el nivel de nutrientes del pastizal e indirectamente favorece la condición corporal.

- 👤 La temperatura favorece indirectamente a la condición corporal, pues a mayor temperatura mayor actividad biológica de las plantas forrajeras y mayor disponibilidad de nutrientes para el animal en apacentamiento.

- 👤 La insolación tiene un marcado efecto indirecto sobre la condición corporal, debido a que mayor insolación, mayor fotosíntesis y mayor producción de forraje disponible en el pastizal.

- 👤 El sistema NIRS/NUTBAL es una herramienta factible para los ganaderos en la toma de decisiones en el manejo del pastizal y del ganado.

6. LITERATURA CITADA

- Alomar**, D. 1998. Fundamentos de la espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercana (NIRS) como método de análisis de forrajes. *Agro Sur*, Argentina. 26, 88 – 104.
- AFRC**. 1996. Necesidades energéticas y proteicas de los rumiantes. Primera edición en español. Editorial Acribia. Zaragoza España. p 98 y 99.
- Cajal** M.C., G.H. Romero y G.C. Villalobos. 1982. Valor nutritivo de la dieta del ganado bovino pastoreando en un matorral arbosufrutescente en Sonora. En: Reunion De Investigacion Pecuaria En Mexico 1987, [En Línea]. <<http://patrocipes.uson.mx/patrocipes/invpec/nutricion/N87006.html>> [Consulta: 29 may 2004]
- Coates**. D.B. 2000. Fecal NIRS-what does it offer today's grazier? *Tropical Grasslands*, volume 34, 230-239.
- Cocimano**, M., Lange, A. y Menvielle, E. 1975 Estudio sobre equivalencias ganaderas. *Producción Animal* (Buenos Aires, Argentina) [En línea] <<http://www.intabalarce.org/divulgtec/SistProd/equivaca.htm>> [Consulta. 12 nov 2003] 4: 161-190.
- Cohran**, R. C., D. C. Adams, P. O. Curie and B. W. Knapp. 1986. Cubed alfalfa hay or cottonseed meal-barley as supplements for beef cows grazing fall-winter range. *J. Range Management*. 39(4): 361-364.
- Cozzolino**, D. 1998. Aplicación de la tecnología del NIRS para el análisis de calidad de los productos agrícolas. Serie Técnica INIA 97.
- Dale**, C. and L. Jolley. 2001. NRCS uses a rapid nutritional monitoring System for free-ranging livestock. [En línea]. <<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 [En línea]. <<http://cnrit.tamu.edu/index.htm>> [Consulta. 12 nov. 2003].
- Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2003**. © 1993-2002 Microsoft Corporation.
- Fernández**, R. J., M.I.U. de Chávez, D. R. Virgüez y M. García. 1990. Efecto De La Frecuencia De Corte Sobre El Rendimiento Y Valor Nutritivo Del Pasto Estrella (*Cynodon Nlemfuensis*) En La Unidad Agroecologica 3e 144 Del Valle De Aroa. *Zootecnia Tropical* 1991. Vol. 9(2): 165-179.
- GANlab**. Grazing animal nutrition Lab. NIRS Technology [En línea]. <http://cnrit.tamu.edu/ganlab/Technology/nirs_technology.htm> [Consulta: 5 dic. 2003].

- George**, M., J. Bartolome, N. McDougald, M. Connor M, C. Vaughn and G. Markegard. 2001. Annual Range Forage Production. Rangeland management series, Publication 8018. EUA.
- Givens**, D.I., y E.R. Deaville. 1999. The current and future role of near infrared reflectance spectroscopy in animal nutrition: a review. *Aust. J. Agric. Res.* 50, 1131 – 1145.
- Gresham**, J. D., J. W. Holloway, W. T. Butts, Jr y J. R. McCurley. 1986. Prediction of mature cow carcass composition from live animal measurements. *J. Anim. Sci.* 63: 1041-1048.
- González**, E. A. V., J. A. Ortega, J. M. Ávila. 2000. Manejo de la carga animal y su importancia en la ganadería. Investigadores del Programa Forrajes y Pastizales del C.E. Aldama-INIFAP-SAGAR [En línea]. <www.manejodelacargaanimal.htm> [Consulta: 4 mar. 2004].
- Hanselka**, C. Wayne, B. J. Ragsdale and B. S. Rector. 1988. Grazing systems for profitable ranching. Texas Agri. Ext. Ser. Bulletin L-221, College Station, Tx.
- Hanselka**. C. W., E. V. González, L. D. White y J. A. Ortega. 2002. Producción de Ganado en equilibrio con el potencial de los recursos naturales en el noreste de México y sur de Texas. En: H.G. Ibarra, W. Hamilton y N. E. H. Treviño (eds.) *Simp. Taller Aprov. Sust. Rec. Nat. N. Méx. S Tx. Perps. Cons. Tec. Nrest. Méx. S. Tex. Guadalupe N.L.* p 3-11.
- Herd**. D. B. y L. R. Sport. 1989. Body condition, nutrition and reproduction in beef cows. *TAEX Bull.* B. B-1526.
- Hodgson** J., 1990. *Grazing Management: Science into Practice*. Longman Scientific & Technical. New Zeland. p 151.
- Holecheck**, J. L., R. D. Pieper y C. H. Herbel. 1989. Range Management, principles and practices. Prentice Hall. New Jersey, U.S.A. p 89-95.
- Holmes**, C. W. and G.F. Wilson. 1990. Milk Production from Pasture. Butterworths NZ Ltd. p 33, 41, 127-180.
- Hunnicut**, 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. Houston Texas.
- Ibarra**, F. A. F., 1990. Importancia de los sistemas de pastoreo. En: memorias de los festejos conmemorativos del 21 aniversario del CIPES [En línea]. <http://patrocipes.uson.mx/patrocipes/invpec/pastizales/P90001.html> México [Consulta: 29 jun. 2004].

- López, R. T.**, 2003, Alimentación de rumiantes en pastoreo, apuntes de clase, UAAAN, México.
- Lyons, R. K., J. W. Stuth.** 1992. Fecal NIRS equations for predicting diet quality of free-ranging cattle. *J. Range Manage.* 45:238-244.
- Lyons, R. K., J. W. Stuth and P. Angerer.** 1995. Technical note: fecal NIRS equation field validation. *J. Range Management* 48(4): 380-382.
- John, W., Walker, D.H. Clark, S. D. McCoy.** 1998. Fecal NIRS for predicting percent leafy spurge in diets. *J. Range Management.* 51(4): 450-455.
- Kunkle, W. E., R. S. Sand y P. Y. Garcés.** 1997. Aplicación de nuevas estrategias para el desarrollo de vaquillas. En: Curso Alternativas de manejo de bovinos para carne en pastoreo. Uni. Aut. Chapingo. p 95-97.
- Instituto de Recursos Naturales.** 1999. La Caja de Herramientas Sobre Ganadería y Medio Ambiente [En línea]. <<http://lead.virtualcenter.org/es/dec/toolbox/Index.htm>> España [Consulta: 4 mar. 2004].
- Leite, E.R., and J.W. Stuth.** 1994. Technical Note: Influence of duration of exposure to field conditions on viability of fecal samples for NIRS analysis. *J. Range Manage.* 47:312-314.
- Lowman, B. G., N. A. Scott y S. H. Somerville.** 1976. Condition scoring of cattle. *Edinburg School of Agric. Bull.* 6, Scotland.
- 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.
- Maltos, J., L. Padilla y J. L. Berlanga.** 2000. La eficiencia reproductiva del ganado en pastoreo asociación ganadera local de Ocampo alianza para el campo. *Nota Tec. Univ. Aut. Agr. A.N. Saltillo, Coah., México.*
- Mendoza, J. M.** 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la U.A.A.A.N. Ed. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México. p 81.
- Oliver, D. A.** 2002. Efectos de condición corporal y cambios en esta sobre el intervalo entre partos de vacas charolais. Tesis Ing. Agro. Zootecnista. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah., México.
- Ramirez, R. G.** 1997. Influencia del forraje de arbustos nativos en el balance de nitrógeno en cabras, XII Reunión anual de Producción Caprina, Torreón, Coahuila, México. p.p. 45-50.
- Randel, R. D., J. W. Holloway, J. Villarreal y A. González.** 2002. Manejo reproductivo y nutricional – la importancia de la condición corporal. En:

H.G. Ibarra, W. Hamilton y N. E. H. Treviño (eds.) Sim. Taller Aprov. Sust. Recur. Nat. N. Méx. S Tx. Avn. Perps. Cons. Tec. Nrest. Méx. S. Tx. Guadalupe Nuevo León. p 31-35.

Richards, M.W., J.C. Spitzer and M.B. Warner. 1986. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle, *J. Anim. Sci.* 62:300-306.

SAGARPA. 2002. Estadísticas del ciclo ganadero Septiembre 2000 - Agosto 2001 del estado de Coahuila. Delegación Estatal SAGARPA Coahuila.

SAGARPA 2002. Información sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios (RGP) de México [En línea]. <<http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/FTP/infofao.pdf>> [Consulta: 15 nov. 2003].

Steffen, D. 2001. NUTBAL & fecal sampling – prediction of performance [En línea]. <<http://cnrit.tamu.edu/ganlab/index.htm>> [Consulta: 15 nov. 2003].

Stuth, W. J. 2002. 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.

Terrell, Calvin L. «Ganado bovino para carne». En: Pond, W. G., D. C. Church y K. R. Pond (ed)., 2002. *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*. Laparra Vega, J. L.. (rev). Pérez Calderón L. J. (trad). 2ª Edición. UTEHA WILEY. México. p.409-422.

Tolleson, D. 2002. The application of NIRS in range and animal sciences [En línea]. <<http://cnrit.tamu.edu/gan/lab/index.htm>> [Consulta: 3 sept. 2003].

Tootill, E. 1982. Diccionario de Biología. Colección Llave de la Ciencia, Ed. Norma. México. 342 p.

Vallentine, J. F. 1990. "Grazing Management". Academic Press, Inc. USA. 528 p.

White, D. and T.R. Troxel. (S/F). Balance entre la producción y demanda de forraje de los pastizales. *Tex. Agri. Serv. Sys.* E-96S 6-01.

Winder, J. A., C. C. Bailey, M. Thomas and J. Holechek. 2000. Breed and Stocking rate effects on Chihuahua desert cattle production. *J. Range Management.* 53(1) 32-38.

7. APÉNDICES

A. CONCENTRACIÓN DE DATOS DE CONDICIÓN CORPORAL

A. 1. Hato 1

| Fecha | 13-Sep-03 | 13-Oct-03 | 15-Nov-03 | 15-Dic-03 | 01-Feb-04 | 29-Feb-04 | 19-Mar-04 | 23-Abr-04 |
|----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Mes | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril |
| Pasta | La Entrada | La Entrada | La Muerta | La Muerta | La Muerta | La Fragua | El Milagro | El Milagro |
| | CC | CC | CC | CC | CC | CC | CC | CC |
| | 7 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 4.5 | 6 |
| | 7 | 7 | 6 | 7 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| | 6 | 7 | 5 | 7 | 5.5 | 5 | 5 | 4.5 |
| | 7 | 7 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 |
| | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 |
| | 5 | 7 | 5 | 5 | 5.5 | 5 | 5 | 4.5 |
| | 5 | 7.5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.5 | 5.5 |
| | 7 | | 5 | 6 | 5 | 6 | 5.5 | 5 |
| | 6 | | 6 | 5 | 5 | 5.5 | 5 | 5 |
| | 7.5 | | 5 | 5 | 6 | 5 | 7 | 5 |
| | 6 | | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 6 |
| | 5 | | 5 | 5.5 | 5 | 5 | 5.5 | 6 |
| | | | 6 | | 5 | 5 | 5 | 6.5 |
| | | | | | | 5 | | 4.5 |
| | | | | | | 5 | | 5 |
| | | | | | | 4.5 | | |
| | | | | | | 5 | | |
| | | | | | | 5 | | |
| | | | | | | 4.5 | | |
| Promedio | 6.11 | 6.28 | 5.47 | 5.54 | 5.20 | 5.12 | 5.27 | 5.15 |
| n = | 14 | 9 | 15 | 14 | 15 | 21 | 15 | 17 |

A. 2. Hato 2

| Fecha | 13-Sep-03 | 13-Oct-03 | 15-Nov-03 | 15-Dic-03 | 01-Feb-04 | 29-Feb-04 | 20-Mar-04 | 23-Abr-04 |
|----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|
| Mes | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril |
| Pasta | El Colón | La Becerra | El Colón | El Colón | La Manga | La Becerra | La Becerra | El Colón |
| | CC | CC | CC | CC | CC | CC | CC | CC |
| | 5 | 5.5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 |
| | 6 | 5 | 6 | 6 | 7 | 5.5 | 5.5 | 5 |
| | 6 | 5 | 6 | 5 | 5.5 | 5 | 5 | 5 |
| | 5 | 5 | 5.5 | 6 | 5 | 5 | 5.5 | 5.5 |
| | 6 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5.5 | 5 | 4.5 |
| | 6 | 5.5 | 5.5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.5 | 6 | 5.5 | 6 |
| | 5 | 5.5 | 5 | 6 | 4.5 | 4.5 | 5 | 4 |
| | 6 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 4.5 |
| | 6 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5.5 | 5 | 6 |
| | 5 | 6 | | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| | 6 | 5.5 | | 7 | 5 | 5.5 | 5 | 6 |
| | 5 | 6 | | 5 | 4.5 | 4.5 | | 5 |
| | 6 | 6 | | 6 | 5 | 6 | | 5 |
| | 6 | 5.5 | | 6 | | | | 6 |
| | 5.5 | 5.5 | | 5 | | | | 6 |
| | 6 | 5 | | 5 | | | | 4.5 |
| | 5 | 5.5 | | 5 | | | | 4.5 |
| | | 5.5 | | 5 | | | | 5 |
| | | | | | | | | 5 |
| Promedio | 5.55 | 5.40 | 5.45 | 5.60 | 5.13 | 5.20 | 5.19 | 5.12 |
| n = | 19 | 20 | 11 | 20 | 15 | 15 | 13 | 21 |

B. PROMEDIO DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS DURANTE EL ESTUDIO*.

| Fecha | T Máx** (°C) | T Mín** (°C) | T med *** (°C) | HR *** (%) | Prec. ***(mm/d) | Viento*** (km/h) | Insolación*** (Horas luz/d) |
|--------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|--|
| 13-Sep-03 | 37.50 | 24.10 | 30.80 | 71.51 | 3.77 | 11.12 | 8.08 |
| 13-Oct-03 | 31.10 | 21.47 | 26.29 | 88.60 | 8.16 | 10.73 | 5.55 |
| 15-Nov-03 | 28.23 | 15.70 | 21.97 | 83.32 | 0.36 | 8.14 | 5.37 |
| 15-Dic-03 | 24.43 | 8.23 | 16.33 | 72.61 | 0.11 | 7.54 | 6.87 |
| 31-Ene-04 | 19.30 | 8.53 | 13.92 | 83.95 | 1.19 | 5.05 | 3.90 |
| 29-Feb-04 | 21.70 | 8.05 | 14.80 | 79.46 | 0.91 | 12.14 | 5.68 |
| 20-Mar-04 | 26.63 | 12.97 | 19.80 | 75.12 | 8.86 | 11.78 | 5.87 |

*Los datos colectados se muestran como promedios de los 30 días anteriores al día de muestreo.

Fuentes: Estación meteorológica de Zaragoza, Coahuila.**

Observatorio Meteorológico de la Comisión Nacional del Agua, delegación Piedras
Negras, Coahuila.***

C. ANÁLISIS DEL NIRS PARA MUESTRAS FECALES COLECTADAS DURANTE EL ESTUDIO.

| Fecha | CC prom. | PC (%) | MOD (%) | Rel. C:N | N (%) | F (%) |
|------------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|--------------|--------------|
| Hato 1 | | | | | | |
| Septiembre | 6.11 | 10.66 | 62.16 | 5.83 | 2.13 | 0.25 |
| Octubre | 6.28 | 13.04 | 62.40 | 4.79 | 2.23 | 0.36 |
| Noviembre | 5.47 | 12.62 | 61.12 | 4.84 | 2.22 | 0.37 |
| Diciembre | 5.54 | 12.00 | 59.44 | 4.95 | 1.84 | 0.30 |
| Enero | 5.20 | 7.25 | 55.96 | 7.72 | 0.90 | 0.22 |
| Febrero | 5.12 | 13.59 | 64.02 | 4.71 | 1.94 | 0.30 |
| Marzo | 5.27 | 14.82 | 62.77 | 4.24 | 2.26 | 0.20 |
| Promedios | 5.57 | 12.00 | 61.12 | 5.30 | 1.93 | 0.29 |

| Hato 2 | | | | | | |
|------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Septiembre | 5.55 | 10.31 | 62.24 | 6.04 | 1.69 | 0.29 |
| Octubre | 5.40 | 12.36 | 62.28 | 5.04 | 2.17 | 0.36 |
| Noviembre | 5.45 | 11.37 | 61.28 | 5.39 | 2.09 | 0.33 |
| Diciembre | 5.60 | 11.25 | 59.32 | 5.27 | 2.29 | 0.28 |
| Enero | 5.13 | 7.97 | 57.98 | 7.27 | 1.15 | 0.14 |
| Febrero | 5.20 | 10.16 | 59.70 | 5.88 | 1.27 | 0.22 |
| Marzo | 5.19 | 12.86 | 62.37 | 4.85 | 2.09 | 0.21 |
| Promedios | 5.36 | 10.90 | 60.74 | 5.68 | 1.82 | 0.26 |

D. Estadística descriptiva de los muestreos

| VARIABLE | N | MEDIA | VARIANZA | DESV. ESTÁNDAR | COEF. DE VARIACIÓN | ERROR ESTÁNDAR |
|---------------|---|----------|----------|----------------|--------------------|----------------|
| Hato 1 | | | | | | |
| CC | 7 | 5.57000 | 0.20600 | 0.453872 | 0.08148510 | 1.715480 |
| PC | 7 | 11.99714 | 6.50760 | 2.459829 | 0.20503462 | 0.929728 |
| MOD | 7 | 61.12429 | 7.21673 | 2.686397 | 0.04394975 | 1.015363 |
| REL_C_N | 7 | 5.29683 | 1.36766 | 1.169469 | 0.22078658 | 0.442018 |
| NF | 7 | 1.93143 | 0.23201 | 0.481679 | 0.24938983 | 0.182057 |
| PF | 7 | 0.28571 | 0.00433 | 0.065792 | 0.23027545 | 0.024867 |
| TMED | 7 | 20.55857 | 39.23605 | 6.263868 | 0.30468403 | 2.367520 |
| HR | 7 | 79.22429 | 41.19516 | 6.418346 | 0.08101488 | 2.425907 |
| PP | 7 | 3.33714 | 13.95472 | 3.735602 | 1.11940224 | 1.411925 |
| INS | 7 | 5.90286 | 1.69099 | 1.300381 | 0.22029677 | 0.491498 |
| Hato 2 | | | | | | |
| CC | 7 | 5.36000 | 0.03513 | 0.187439 | 0.03496996 | 0.070845 |
| PC | 7 | 10.98714 | 2.63286 | 1.622608 | 0.14768247 | 0.613288 |
| MOD | 7 | 60.73857 | 3.04761 | 1.745742 | 0.02874190 | 0.659828 |
| REL_C_N | 7 | 5.67698 | 0.67653 | 0.822516 | 0.14488619 | 0.310882 |
| NF | 7 | 1.82143 | 0.20958 | 0.457800 | 0.25134098 | 0.173032 |
| PF | 7 | 0.26143 | 0.00578 | 0.076033 | 0.29083502 | 0.028738 |
| TMED | 7 | 20.55857 | 39.23605 | 6.263868 | 0.30468403 | 2.367520 |
| HR | 7 | 79.22429 | 41.19516 | 6.418346 | 0.08101488 | 2.425907 |
| PP | 7 | 3.33714 | 13.95472 | 3.735602 | 1.11940224 | 1.411925 |
| INS | 7 | 5.90286 | 1.69099 | 1.300381 | 0.22029677 | 0.491498 |

Donde: CC=condición corporal (escala 1 a 9), PC=proteína cruda (%), MOD=materia orgánica digestible (%), REL_C_N=relación carbono-nitrógeno, (MOD/PC), NF=nitrógeno fecal (%), PF=fósforo fecal (%), TMED=temperatura media (°C), HR=humedad relativa (%), PP=precipitación pluvial (mm/d) e INS=insolación o asoleamiento (h/d).

E. MATRICES DE CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS

E.1. Hato 1

| VARIABLE | CC | PC | MOD | REL C_N | NF | PF | TMED | HR | PP | INS |
|----------|------|------|-------------|--------------|--------------|-------|-------------|-------|-------|--------------|
| CC | 1.00 | 0.02 | 0.22 | -0.10 | 0.44 | 0.38 | 0.87 | 0.09 | 0.42 | 0.51 |
| PC | | 1.00 | 0.85 | -0.98 | 0.85 | 0.28 | 0.14 | -0.12 | 0.44 | 0.28 |
| MOD | | | 1.00 | -0.82 | 0.85 | 0.26 | 0.41 | -0.15 | 0.42 | 0.47 |
| REL C_N | | | | 1.00 | -0.89 | -0.38 | -0.19 | 0.16 | 0.36 | -0.38 |
| NF | | | | | 1.00 | 0.41 | 0.61 | -0.17 | 0.46 | 0.57 |
| PF | | | | | | 1.00 | 0.22 | 0.50 | -0.22 | -0.01 |
| TMED | | | | | | | 1.00 | -0.09 | 0.47 | 0.61 |
| HR | | | | | | | | 1.00 | 0.12 | -0.76 |
| PP | | | | | | | | | 1.00 | 0.08 |
| INS | | | | | | | | | | 1.00 |

Correlaciones marcadas son significantes a $p < 0.05$.

E.2. Hato 2

| VARIABLE | CC | PC | MOD | REL C_N | NF | PF | TMED | HR | PP | INS |
|----------|------|------|-------------|-------------|--------------|-------|-------------|-------|-------|--------------|
| CC | 1.00 | 0.29 | 0.29 | 0.37 | 0.63 | 0.74 | 0.55 | -0.38 | -0.20 | 0.74 |
| PC | | 1.00 | 0.77 | 0.98 | 0.85 | 0.61 | 0.39 | -0.07 | 0.64 | 0.34 |
| MOD | | | 1.00 | 0.70 | 0.56 | 0.63 | 0.82 | -0.08 | 0.73 | 0.50 |
| REL C_N | | | | 1.00 | -0.86 | -0.64 | -0.32 | 0.12 | -0.50 | -0.38 |
| NF | | | | | 1.00 | 0.71 | 0.38 | -0.12 | 0.35 | 0.38 |
| PF | | | | | | 1.00 | 0.69 | 0.17 | 0.18 | 0.44 |
| TMED | | | | | | | 1.00 | -0.09 | 0.47 | 0.61 |
| HR | | | | | | | | 1.00 | 0.12 | -0.76 |
| PP | | | | | | | | | 1.00 | 0.08 |
| INS | | | | | | | | | | 1.00 |

Correlaciones marcadas son significantes a $p < 0.05$.

CC=condición corporal (escala 1 a 9), PC=proteína cruda (%), MOD=materia orgánica digestible (%), REL_C_N=relación carbono-nitrógeno, (MOD/PC), NF=nitrógeno fecal (%), PF=fósforo fecal (%), TMED=temperatura media (°C), HR=humedad relativa (%), PP=precipitación pluvial (mm/d) e INS=insolación o asoleamiento (h/d).

