

EFECTO DE LA SUPLEMENTACION PROTEICA Y LA  
UTILIZACION DEL SISTEMA DE ESPECTROSCOPIA DE  
REFLEXION INFRARROJA EN HECES, EN VAQUILLAS BAJO  
CONDICIONES COMERCIALES EN AGOSTADERO

CESAR ARTURO REYES HERNANDEZ

# TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN PRODUCCION ANIMAL



Universidad Autónoma Agraria  
"Antonio Narro"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista. Saltillo. Coah.

OCTUBRE DE 2002



13791

BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REB. NAT.  
BANCO DE TIEMPO  
U.A.A.

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN PROTEICA Y LA  
UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE ESPECTROSCOPIA DE  
REFLEXIÓN INFRARROJA EN HECES, EN VAQUILLAS  
BAJO CONDICIONES COMERCIALES EN AGOSTADERO**

**CÉSAR ARTURO REYES HERNÁNDEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**Universidad Autónoma Agraria**



**Antonio Narro**

**PROGRAMA DE GRADUADOS**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila**

**Octubre de 2002**



13791

**BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REYNOLDO  
BANCO DE AGOSTADERO  
S.A.A.**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN PROTEICA Y LA UTILIZACIÓN DEL  
SISTEMA DE ESPECTROSCOPIA DE REFLEXIÓN INFRARROJA EN  
HECES, EN VAQUILLAS BAJO CONDICIONES COMERCIALES EN  
AGOSTADERO

POR

CÉSAR ARTURO REYES HERNÁNDEZ

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular  
de asesoría y aprobada como requisito parcial para optar  
al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
EN PRODUCCIÓN ANIMAL

COMITÉ PARTICULAR

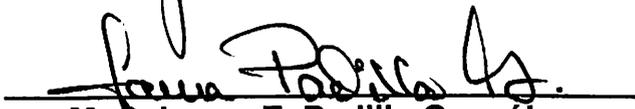
Asesor principal:

  
M. Sc. Ricardo Nicolás Silva Cerrón

Asesor:

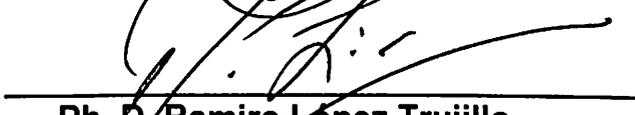
  
Dr. Heriberto Díaz Solís

Asesor:

  
M. C. Laura E. Padilla González

Asesor:

  
M. C. Lucio E. Rodríguez

  
Ph. D. Ramiro López Trujillo  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Octubre de 2002.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo hacer patente mi agradecimiento a todas aquellas personas que intervinieron durante la realización del presente trabajo como complemento de mi formación profesional.

En forma especial al M. Sc. Ricardo N. Silva Cerrón por su desinteresado apoyo en todo momento, por todos esos consejos dados.

Al Dr. Heriberto Díaz Solís por su ayuda en la realización del análisis estadístico y su apoyo desinteresado.

A la M. C. Laura E. Padilla por su valiosa colaboración en este trabajo.

Al M. C. Lucio E. Rodríguez por su valiosa colaboración y aportaciones en el presente trabajo.

Al Sr. Alfonso Ainslie M. por las facilidades otorgadas en el trabajo de campo.

A Doug Tolleson director del laboratorio GanLab de Texas A&M University, por su ayuda con el análisis de la heces y su asesoría.

A Consuelo Robledo y Arturo Macias por todos los consejos que ayudaron para mi formación profesional y por todo el cariño recibido.

A mis mejores amigos y compañeros Alejandro, Adolfo, Edilberto, Gianni, Gustavo, Héctor, Julián (Oaxaco), Juan Carlos, Mario, Miguel Angel, Sinuhe, Christian, Carlos, Eduardo, Jhonisel, Héctor, Ernesto, por compartir una de las mejores etapas de mi vida.

A Juanita, Chayito, Lety y Ernesto por su amistad y apoyo durante mi maestría.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

## DEDICATORIAS

**A.:G.: A.:D.: U.:**

A mis padres

**Aurelio Aguilar Torres  
Paula Hernández de Aguilar**

A ellos que a base de sacrificios, desvelos, consejos y por todo su amor, apoyo, comprensión, ejemplo de superación, me ayudaron a concluir mi maestría, ya que sin todo esto no hubiera sido lo mismo, por eso y muchas cosas más. Gracias.

A mis hermanos

**Yazmín, Diana y Marco Aurelio**

A ellos que, incondicionalmente y en todo momento me han apoyado, refrendando de que todo lo que uno se proponga siempre se puede alcanzar, por esos grandes momentos que hemos compartido juntos, y por el amor de hermanos que nos ha llevado a ser una gran familia.

A mi cuñado **Rene Riojas (†)**.

A mi sobrino Axel con cariño.

A mi novia

**Araceli Lozada Rangel**

Para ti que eres parte de mi vida, por tu amor, comprensión y por ayudarme y apoyarme en todo momento.

## COMPENDIO

# EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN PROTEICA Y LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE ESPECTROSCOPIA DE REFLEXIÓN INFRARROJA EN HECES, EN VAQUILLAS BAJO CONDICIONES COMERCIALES EN AGOSTADERO

POR

**CÉSAR ARTURO REYES HERNÁNDEZ**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. OCTUBRE 2002.**

**M. Sc. Ricardo Nicolás Silva Cerrón - Asesor -**

**Palabras clave:** Suplementación, proteína, ganancia de peso, condición corporal, vaquillas, materia orgánica digestible, sistema de espectroscopia de reflexión infrarroja.

Se evaluó el efecto de la suplementación proteica en vaquillas y el análisis del perfil nutricional del agostadero utilizando el sistema de espectroscopia de reflexión infrarroja (NIRS) en el periodo de invierno bajo condiciones de rancho. Se utilizaron 30 vaquillas, 15 vacas para control (SS) y 15 para el tratamiento (CS), al CS se le proporciono un suplemento con un nivel de proteína del 32 por ciento, en un periodo de 85 días. El procedimiento estadístico fue un análisis de varianza (ANVA) para las variables ganancia de

peso (GP), condición corporal (CC), proteína cruda (PC) y materia orgánica digestible (MOD). Así como un análisis de factores utilizando las variables anteriores.

El consumo de suplemento del CS fue de 375 g en base seca (1.0 kg en base húmeda). Al realizar un ANVA para GP y utilizar peso inicial como covariable, se encontró una diferencia estadística significativa entre CS y SS ( $P < .01$ ), al presentarse una GP del SS de 4.33 kg, mientras CS perdió 10.07 kg. CC no muestra una diferencia significativa ( $P > .05$ ). El análisis de heces de NIRS presentó diferencia significativa ( $P < .01$ ) para proteína cruda entre tratamientos, presentando en SS 6.33 y en CS 5.30 por ciento. La MOD no presentó diferencia significativa al ( $P < 0.05$ ) para los tratamientos.

En el análisis de factores, los primeros tres factores explican el 82.50 por ciento de la varianza total. El F1 explica el 36.47 por ciento de la varianza total y las variables que lo explican son periodo de muestreo, PC y MOD. El F2 contiene el 31.39 por ciento de la varianza total, y explica la relación negativa entre T y CA. El F3 explica el 14.63 por ciento de la varianza total, donde las variables que interactúan son GP, CC y MOD.

## **ABSTRACT**

# **EVALUATING PROTEIN SUPPLEMENTATION EFFECTS AND THE USE OF NEAR-INFRARED REFLECTANCE SPECTROSCOPY OF FECES IN RANGELAND BEEF HEIFERS UNDER RANCH CONDITIONS**

**By**

**CESAR ARTURO REYES HERNANDEZ**

**MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL PRODUCTION**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA SALTILLO COAHUILA MÉXICO. OCTOBER 2002.**

**M.Sc. Ricardo Nicolás Silva Cerrón -Advisor-**

**Key words:** Supplementary feeding, Protein, body weight gain, body condition, beef heifers, Digestibility Organic Matter, Infrared Spectroscopy.

Protein supplementation in Mexican rangeland crossbred beef heifers during winter under ranch conditions and Near-Infrared reflectance spectroscopy (NIRS) of its fecal samples grazing native forage was performed. Thirty heifers were used, 15 for control and 15 for treatment. Treatment consisted of a 32 percent protein supplement under restricted consumption and NIRS for fecal

monitoring of forage diet quality was utilized in both control and treatment cows for 85 days during winter (January –April). Statistical procedures were done through ANOVA and Factor Analysis for parameters body weight gain, body condition score, crude protein and digestible organic matter of forage consumed by the control and treatment groups. Results show that consumption of the supplement by the treatment group was estimated at 1.00 kg as fed equivalent to .375 kg dry matter. For body weight gain and having initial weight as a co variable, a significant difference was found ( $P < .01$ ). The control group gained 10.07 Kgs while the treatment lost 433 kgs during the trial. There was no significant difference ( $P > .05$ ) in body condition score. Fecal samples monitored through NIRS showed significant difference ( $P < .01$ ) for crude protein content between treatment 6.33, and control 5.30 percent. For Digestible Organic Matter no significant difference ( $P > .05$ ) between treatments. It was observed that stocking rates vary considerably, 23.8 hectares/unit and 2.85 hectares/unit for control and treatment respectively.

Factor Analysis explains 82.50 percent of total variance. Factor one was composed of sampling date, crude protein, Digestible Organic Matter, explaining 36.47 percent of the total variability. Factor two which includes Treatment and stocking rate explained 31.39 percent of total variability. Factor three includes body condition body weight gain and digestible organic matter explained 14.63 of total variability.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pag.
INDICE DE CONTENIDO.....	IX
INDICE DE CUADROS.....	XII
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo .....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Suplementación en bovinos de carne en pastoreo.....	5
Suplementación proteica.....	10
Fuentes proteicas.....	11
Suplementación con utilización de nitrógeno no proteico.....	14
Efecto de la suplementación en la condición corporal.....	16
Efecto de la suplementación en vaquillas en pastoreo.....	18
La carga animal con relación a la respuesta animal.....	22
Sistema de espectroscopia de reflexión infrarroja (NIRS).....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
Área de estudio.....	33
Localización geográfica.....	33
Clima.....	33
Condiciones climáticas del periodo de investigación.....	34
Suelo.....	34

Vegetación.....	35
Características del rancho utilizado.....	37
Caracterización del sistema de producción.....	37
<b>Materiales.....</b>	<b>37</b>
Caracterización de los animales utilizados.....	37
Suplemento proteico.....	38
<b>Metodología.....</b>	<b>39</b>
Selección de animales.....	39
Suplementación proteica.....	39
Parámetros evaluados.....	40
Peso, condición corporal, proteína cruda y materia orgánica digestible.....	40
Colección de heces.....	40
Análisis de heces.....	41
Variables calculadas.....	41
Tratamientos.....	42
Análisis estadístico.....	43
<b>IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>45</b>
<b>Respuesta animal.....</b>	<b>45</b>
Ganancia de peso.....	45
Condición corporal.....	50
<b>Valor nutritivo de la dieta.....</b>	<b>50</b>
Proteína cruda y materia orgánica digestible.....	52

<b>Análisis de factores.....</b>	<b>54</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>VI. RESUMEN.....</b>	<b>63</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>66</b>
<b>VIII. Apéndice A.....</b>	<b>74</b>
<b>    Apéndice B.....</b>	<b>76</b>
<b>    Apéndice C.....</b>	<b>85</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pag.</b>
<b>2.1 Composición química de ingredientes con potencial para uso como suplemento proteico.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Proteína cruda y materia orgánica digestibles de muestras de toretes fistulados y de heces fecales a través de química húmeda y NIRS.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Temperatura media en °C y precipitación media en milímetros....</b>	<b>34</b>
<b>3.2 Plantas forrajeras que consumen los animales en el rancho La Salada.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3 Ingredientes del suplemento proteico (30.5 por ciento de proteína).....</b>	<b>38</b>
<b>3.4 Comparación de la estimación y el análisis del suplemento.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 Análisis de varianza para la respuesta animal.....</b>	<b>45</b>
<b>4.2 Predicción de la calidad nutritiva de las pastas utilizadas a través del NIRS.....</b>	<b>51</b>
<b>4.3 Análisis de varianza para la respuesta NIRS.....</b>	<b>52</b>
<b>4.4 Coeficiente de correlación de las variables con los tres primeros factores.....</b>	<b>55</b>

## I INTRODUCCIÓN

En el Estado de Coahuila las principales formas de uso de la tierra que tienen relación con la actividad ganadera como área de pastizales cuentan con el 63.1 por ciento de la superficie total estatal (Rodríguez *et al.*, 1998). En el Norte del Estado las condiciones geográficas y climáticas, demarcan de manera importante, las características de los sistemas de producción imperantes en la región. El medio ambiente prevaleciente en la región limita la operatividad de los sistemas de producción de bovinos de carne a principalmente sistemas de tipo extensivo. Los sistemas de producción bovina más generalizados son del tipo de vaca-becerro, de dos categorías, la producción de becerros para engorda y exportación y el ganado de registro. La eficiencia terminal de los sistemas de cría denominados vaca-becerro es regularmente baja, y en muchas ocasiones no rebasa el 50 por ciento, alcanzando en ocasiones porcentajes de pariciones-destetes del 60 al 70 por ciento. Por otro lado esta eficiencia es afectada por factores ambientales como la precipitación y la temperatura, las cuales son limitantes para el crecimiento y desarrollo de forrajes en el agostadero.

Los programas de alimentación que integran forrajes como principal constituyente alimenticio deben considerar el establecimiento del balance entre

el número de animales en pastoreo y la producción de forraje, es necesario tener un balance entre la carga animal y la utilización del pastizal para lograr una conversión efectiva de forraje en producción animal y mantener, a través del tiempo, la producción y condición del pastizal (White *et al.*, 2000).

La variación en la producción de los forrajes y su baja calidad ha sido identificada como uno de los factores de mayor importancia en la producción animal, por lo que el uso de la suplementación es una herramienta viable para mejorar las deficiencias de los pastizales, cuando estos no han sido bien manejados; en la actualidad Hanselka *et al.* (2002), recomiendan utilizar una carga animal del 25 por ciento de la carga total, lo cual permite mantener un equilibrio en la producción de los pastizales.

Así mismo, el uso de suplementos tiene el propósito de complementar las deficiencias que se presentan en los forrajes durante los diferentes periodos del año en animales de diferentes etapas productivas y con diferentes requerimientos nutricionales. Generalmente, una respuesta positiva de un suplemento proteico es expresada cuando el forraje contiene menos del 6 por ciento de proteína cruda (Kartchner, 1980; DelCurto *et al.*, 1990). El suplementar proteína según lo reportado por DelCurto *et al.* (1990), presenta ganancias en crecimiento en vaquillas y mantiene el peso y la condición corporal del ganado. La suplementación compensa la variación en el contenido nutricional del forraje. Actualmente, la mayoría de los ganaderos no tiene acceso a la asesoría actualizada concerniente a la elaboración de suplementos

específicos y utilizan en forma indiscriminada todo tipo de alimentos o suplementos sin considerar la calidad del forraje ni la etapa fisiológica del animal (Kawas, 1995).

Por lo que en los últimos años se han desarrollado nuevas herramientas para solventar los problemas de manejo nutricional del ganado en las tierras de pastoreo. Una de las herramientas es el uso del Sistema de Espectroscopia de Reflexión Infrarroja (NIRS, por sus siglas en inglés) que es utilizado para la predicción de los valores de proteína cruda (PC) y materia orgánica digestible (MOD), ya que puede detectar a nivel fecal productos colaterales a la digestión y también relacionarlos con la PC y MOD (Holecheck *et al.*, 1982; Stuth *et al.*, 1989), a través del análisis de heces fecales (Stuth, 1998). El NIRS es una herramienta simple que permite una predicción rápida de la calidad nutritiva del forraje (Holechek *et al.*, 1982; Lyons y Stuth, 1992), lo cual podría permitir a los productores suministrar en forma estratégica los nutrientes que mejor satisfagan las necesidades de su ganado de manera efectiva y a menor costo. Se han detectado, más de 1250 productores que utilizan el sistema en 42 estados de Estados Unidos de Norte América (Stuth, 1998).

## **Objetivo**

El objetivo de este estudio es determinar el efecto de la suplementación proteica en vaquillas en agostadero, y análisis del perfil nutricional del agostadero utilizando el Sistema de Espectroscopia de Reflexión Infrarroja (NIRS) en el periodo de invierno bajo condiciones comerciales.

## II REVISIÓN DE LITERATURA

### **Suplementación en bovinos de carne en pastoreo**

La nutrición del ganado es afectada por periodos bien definidos de abundancia y escasez de forraje, están condicionados en su mayor parte por factores climáticos. Además de las variaciones en la disponibilidad, también existen variaciones significativas en la calidad de los forrajes. La combinación de los factores de disponibilidad y calidad trae como consecuencia ciclos alternos de ganancia de peso en la época de abundancia de pasto y pérdida de peso durante la temporada de escasez, lo que puede significar hasta el 50 por ciento de lo ganado en el primer periodo de abundancia de forraje (Ortega y González, 1998).

La suplementación es una práctica compleja que implica una serie de relaciones entre animales, forraje, medio ambiente climático y el manejo que de esta práctica se realiza. Se entiende por suplementación alimenticia o alimentación complementaria "al aporte extra de nutrientes, cuando la cantidad y calidad del forraje disponible son inadecuados para obtener un nivel satisfactorio de comportamiento en los animales" (Raleigh y Lesperance, 1978).

La suplementación puede ser clasificada desde un punto de vista del nutriente deficiente en proteica, energética, vitamínica y mineral. Otra clasificación es suplementación invernal o en épocas de sequía (para vaquillas de reemplazo, vacas gestantes, lactantes y sementales), suplementación predestete (crías) y postdestete (hembras de reemplazo).

Entre las principales razones por las cuales se proporciona suplementación alimenticia a los bovinos en pastoreo se pueden mencionar las económicas y las relacionadas con el manejo de ganado así como del pastizal (García, 1990; García, 1992; López y García, 1998). Por lo tanto, los objetivos de la suplementación varían de rancho a rancho, año con año y dentro de un mismo año, dependiendo de las estrategias de manejo que en ese momento se requieran implementar.

La suplementación de dietas integradas por forrajes se practica con el propósito de mejorar económicamente la producción del animal en pastoreo. Muchas razones fundamentan la suplementación de nutrientes a rumiantes pastoreando o consumiendo dietas principalmente integradas por forraje. Estas son: corrección de deficiencias de nutrientes en el forraje, aumentar la capacidad de carga del pastizal y mantener el peso y la condición corporal de los animales. Además una suplementación de forrajes con nitrógeno no proteico (NNP) y proteína verdadera se sugiere con la idea de mejorar la utilización del forraje. Este efecto es mayor cuando se suplementan animales que consumen forrajes de mala calidad (Kawas, 1995).

Puede afirmarse que el tipo de suplementación tiene un efecto significativo sobre el consumo de forraje. Se ha observado una disminución en el consumo, cuando se suplementa con carbohidratos de fácil digestión como granos o melaza. Esto se explica por la proliferación de microorganismos ruminales que actúan sobre estos substratos y la disminución de bacterias celulolíticas. En contraste el incremento en los niveles de proteína favorece la actividad celulolítica en el rumen, incrementando la tasa de pasaje, y por ende el consumo (Chávez, 1995).

La suplementación con energía y proteína son los nutrientes que más comúnmente se suministran a rumiantes en agostaderos. Pocas veces se hace una suplementación adecuada dependiendo de la calidad de la dieta consumida y del nivel de producción deseado (Gutiérrez, 1995).

El uso de suplementos proteicos y energéticos son un recurso efectivo para mejorar la producción de animales alimentados con una dieta a base de forrajes de baja calidad (Fleck *et al.*, 1998).

Hoston *et al.*, (1988) y Alderton *et al.* (2000), en estudios similares encontraron un efecto positivo al usar un suplemento proteico-energético con niveles de proteína de 12.4 por ciento y 2, 4 y 8 Mcal de energía por día, en la digestibilidad del forraje, incremento de peso y cambios en la condición corporal en vacas lactantes, al igual que mencionan que proveer nutrientes extras en la época de invierno, que tiene como característica forrajes de baja calidad y

cantidad, mejora considerablemente la respuesta en cuanto a producción animal.

Anderson *et al.* (1988), al utilizar como suplemento harina de sangre y gluten de maíz en becerros en crecimiento, pastando forrajes de baja cantidad y calidad, encontraron un efecto positivo ya que los animales suplementados presentaron incrementos de peso por cabeza de 0.23 kg mas que los no suplementados. Así mismo Johs *et al.* (1992), al realizar una suplementación a base de hárinolina y mezquite en la época de primavera y verano en toretes, encontraron que el suplemento no presento efecto significativo ( $P \leq 0.05$ ) en el incremento de peso contra los no suplementados, lo que atribuyen a que en esta época la cantidad y calidad de los forrajes es óptima para tener respuestas similares con y sin suplemento.

Mathis *et al.* (2000), analizaron el efecto de suplementar toretes a base de zacate bermuda henificado y sorgo, encontrando un efecto significativo ( $P \leq 0.01$ ) al obtener una mejor digestibilidad de los forrajes consumidos.

Willms *et al.* (1998), estudiaron el efecto de tres niveles (0.400, 0.800 y 1.2 kg/día/animal) de suplementación a base de canola (32 por ciento de PC) en vacas lactantes Hereford pastando en agostadero, y mencionan que el peso fue afectado por la suplementación ( $P \leq 0.002$ ), ya que las vacas que recibieron 0.4 kg presentan menor incremento de peso que las que consumieron 0.8 y 1.2 kg concluyendo que a menor suplementación menor ganancia de peso.

Los productores que manejan animales en pastoreo dependientes de los forrajes y de las condiciones climáticas necesitan estrategias que aumenten al máximo el uso de los recursos de forraje y maximicen la producción de los animales (DelCurto *et al.*, 2000), por lo que los objetivos generales de un programa estratégico de suplementación puede ser:

- Corregir o complementar nutrientes deficientes en la dieta (forraje) de los animales en pastoreo, o completar las demandas de producción.
- Incrementar la producción animal en términos de incremento de peso, por ciento de preñez, por ciento de crías destetadas y peso al destete, entre otras.
- Hacer más eficiente el uso (consumo y digestibilidad) del forraje disponible.
- Mantener y/o mejorar la condición corporal de los animales.
- Utilizar adecuadamente el recurso pastizal.
- Incrementar la carga animal.
- Tornar más rentable la operación en general.

Para definir si se requiere suplementar, el aspecto más importante a considerar es conocer los nutrientes disponibles en el forraje en sus diferentes estados fenológicos en términos de los requerimientos nutricionales de los animales. Para lo anterior, es necesario considerar la cantidad y calidad del forraje disponible en cada potrero y en el rancho en general, así mismo, la

selectividad por parte del ganado, los requerimientos nutricionales de los animales, la prioridad en el uso de los nutrientes y el consumo de forraje (García y López, 1998).

### **Suplementación proteica**

La proteína es el segundo nutriente considerado como más caro después del forraje y juega un rol importante durante la lactación ya que afecta tanto a la cantidad como la calidad de leche producida y por lo tanto el comportamiento de sus crías. Es el primer nutriente limitante (para el crecimiento, lactación y reproducción) en la mayoría de las dietas basadas en forraje (Selk y Lusby, 1990). También es considerado el segundo nutriente en cuanto a cantidad requerida y es indispensable para mantener una flora ruminal abundante. El primer y más común síntoma de deficiencia de proteína es una reducción en el apetito, lo cual se refleja en una disminución en el consumo de forraje y por lo tanto de energía. Para corregir estas deficiencias, primero hay que suplementar proteína ya que incrementa el consumo y digestibilidad del forraje. Una deficiencia de proteína se refleja en las heces de los animales, las cuales son secas y compactas. Las proteínas y los minerales se almacenan en muy pequeñas cantidades en el cuerpo del animal por lo tanto, los requerimientos deben ser consumidos diariamente durante todo el tiempo (García y López, 1998).

La suplementación proteica es una práctica común en ganado de carne en pastoreo en forrajes de baja calidad (6 – 8 por ciento de proteína cruda). El suplementar proteína según lo reportado presenta ganancias en crecimiento del ganado, y mejora el mantenimiento de vacas maduras, mantiene el peso y la condición corporal durante los periodos de pastoreo en invierno. Los beneficios asociados con la adición de un suplemento proteico puede mediar a través de incrementos en el consumo de forraje. Similarmente, un suplemento proteico presenta incremento en la digestibilidad de forrajes (Church y Santos, 1981). Sin embargo este efecto también es una variable y puede ser dependiente en cambios relativos en el paso de la digesta (DelCurto *et al.*, 1990a).

Proveer un suplemento proteico a ganado de carne pastoreando forraje de calidad pobre, puede mejorar la producción. Las vacas mantienen su condición corporal cuando son suplementadas proteicamente. Un suplemento proteico también puede mejorar las eficiencias reproductivas. Las respuestas de un suplemento proteico bajo condiciones de pastoreo son variables y depende de la disponibilidad del forraje, de la calidad de este y del medio ambiente (DelCurto *et al.*, 1990b).

### **Fuentes proteicas**

Los suplementos recomendados para realizar un programa eficiente de suplementación en pastoreo deben elaborarse con ingredientes de buena calidad dentro de los que pueden citarse la harinolina, pasta de soya, harina de

sangre, maíz, sorgo, y puede utilizarse urea para reducir costos independientemente de la combinación de ingredientes que se utilice. Los ingredientes a seleccionar para la elaboración del suplemento deben considerar la disponibilidad y costo de los mismos con el propósito de producir un suplemento de alta calidad y mínimo costo (Ortega y González, 1998).

Las fuentes comerciales más importantes de concentrados de proteínas vegetales se obtienen del frijol de soya y de la semilla de algodón y en menor cantidad del cacahuate, lino (linaza), girasol, semilla de colza, varias semillas de leguminosas y otras fuentes diversas (Cuadro 2.1). Las harinas preparadas a partir de las semillas mencionadas se denominan semillas de oleaginosas debido a que todas estas semillas tienen grandes cantidades de aceites con varios usos comerciales importantes. En conjunto, las harinas de semillas de oleaginosas tienen gran cantidad de proteína cruda, la mayoría más de 40 por ciento; el contenido de proteína se normaliza antes de comercializarlas por medio de una disolución con cascarillas u otro material. El contenido energético varía en forma considerable, según el método de procesamiento; la extracción con disolvente deja menos grasa y, por lo tanto, disminuye el valor energético.

La melaza es un complemento proteico cuando se refuerza con una fuente de nitrógeno, pero fundamentalmente es una fuente energética y sus componentes principales son azúcares, el contenido de proteína generalmente es bastante bajo (cerca del 3 por ciento) y variable. Es utilizada como alimento, en especial para rumiantes, su sabor dulce la hace atractiva para la mayoría de

las especies. Además, la melaza contribuye a disminuir el polvo, como compactante para los comprimidos (Church *et al.*, 2002). Se han observado efectos negativos de la suplementación con melaza en lo referente a la utilización de celulosa y en el consumo de forraje, mientras que la suplementación proteica, aunque no incrementó significativamente el consumo, si favoreció la utilización de la celulosa (Chávez, 1995).

Cuadro 2.1 Composición química de ingredientes con potencial para uso como suplemento proteico.

Fuente proteica	PC <sup>1</sup> , %	DIP <sup>2</sup> , %	UIP <sup>3</sup> , %	TND <sup>4</sup> , %	EM <sup>5</sup> , MacI/kg
Levaduras	26.0	40.9	59.1	70.0	2.53
Harina de canola	37.8	67.9	32.1	69.0	2.49
Harina de coco	21.5	61.6	38.4	64.0	2.31
Harina de gluten de maíz	46.8	38.1	61.9	84.0	3.04
Harinolina	44.0	57.0	43.0	78.0	2.82
Harinolina, 41 % PC	46.1	57.0	43.0	75.0	2.71
Harinolina, 43 % PC	48.9	57.0	43.0	75.0	2.71
Granos de destilería	29.7	45.1	54.9	90.0	3.25
Harina de soya – 44	49.9	80.0	20.0	84.0	3.04
Harina de soya – 49	53.8	65.0	35.0	87.0	3.15
Soya entera	40.3	65.0	35.0	94.0	3.40
Harina de girasol	25.9	38.3	61.7	65.0	2.35
Urea	291.0	100.0	0.0	0.0	0.00
Heno de alfalfa, vegetativo	21.7	86.0	14.0	64.0	2.31
H. de alfalfa, inicio de flora.	19.9	84.0	16.0	62.0	2.24
H. de alfalfa, mediana flora.	17.0	82.0	18.0	60.0	2.17
H. de alfalfa, termino de flora.	13.0	77.0	23.0	56.0	2.02
Trigo	18.4	77.2	22.8	83.0	3.00

Fuente: DelCurto, 2000.

<sup>1</sup>Proteína cruda, <sup>2</sup>Proteína Degradable, <sup>3</sup>Proteína Indegradable, <sup>4</sup>Total de Nutrientes Digestibles,

<sup>5</sup>Energía Metabolizable.

## **Suplementación con utilización de nitrógeno no proteico**

La suplementación con nitrógeno no proteico (NNP) y proteína verdadera se sugiere con la idea de mejorar la utilización de los forrajes, aumentar la digesta cinética, el volumen del fluido en el rumen, el nitrógeno ruminal ( $\text{NH}_3$ ) y la concentración de ácidos grasos volátiles (Hess *et al.*, 1994) y reducir el tiempo de pastoreo para hacer más eficiente la conversión alimenticia por minuto gastado pastoreando (Krysl y Hess, 1993). Lo anterior se debe a que se estimula la actividad microbial y la capacidad de los microorganismos para digerir la fibra (Gutiérrez, 1991). El uso de nitrógeno no proteico (NNP) es comúnmente utilizado en suplementos. Al comparar los suplementos de proteínas naturales con suplementos de NNP son substancialmente más económicos los segundos por una unidad en base a PC. Por consiguiente, el uso de ingredientes de NNP rinde ventajas económicas sustanciales si se utiliza con la misma eficiencia que la proteína natural. Sin embargo, NNP no ha sido tan eficaz como las fuentes de proteína naturales cuando se suplementan a ganado que consume forrajes toscos de buena calidad.

En seis experimentos en los que se evaluó la eficiencia de la urea (291 por ciento de PC) y el biuret para incrementar la calidad de las dietas suplementadas a ganado en invierno, Clanton (1978), reporto que el efecto disminuye con suplementos que contienen mayor de tres por ciento de urea o seis por ciento de biuret comparados con el comportamiento de animales que recibieron densidades similares de energía excepto animales suplementos con

proteína natural. Igualmente, Rush y Totusek (1976), encontraron que vacas que consumen forrajes en invierno perdieron menos peso cuando fueron alimentadas con un suplemento a base de proteína natural, comparadas con vacas con un suplemento isonitrogenado que contenía urea y biuret. Otros numerosos investigadores también han observado las depresiones en el comportamiento de bovinos de carne cuando se sustituye una porción de proteína natural por NNP en un suplemento (Raleigh y Turner, 1968; Williams *et al.*, 1969; Oltjen *et al.*, 1974).

Muchas explicaciones potenciales existen, cuando se considera que el NNP está limitado como una fuente de nitrógeno (N) para rumiantes que consumen forrajes toscos de buena calidad. Uno de los mayores problemas que se asocia con la utilización eficaz de la urea, siendo esta la fuente más común de NNP, es la descarga rápida de amoníaco (DelCurto *et al.*, 2000). Bloomfield *et al.* (1960), indican que la hidrólisis de la urea ocurre cuatro veces más rápido que la captación de amoníaco liberado que a su vez aumenta la pendiente de transporte pasiva y pH, mientras que se estabilizan las condiciones óptimas para la absorción de amoníaco en la sangre. Como resultado, gran parte del amoníaco proporcionado por la urea es absorbido antes de que las bacterias ruminales puedan utilizarlo eficazmente. Adicionalmente, si el amoníaco se absorbiera en la sangre, se excede la habilidad de los animales de reciclar la urea antes de llegar al rumen. Alguna pérdida de N se debe esperar en la orina. Chalupa (1968), sugirió que la asimilación de amoníaco por las bacterias del rumen también podría limitarse por la disponibilidad de carbono, como las

cadena de ácidos grasos volátiles y otros nutrientes. La ventaja de fuentes de proteína naturales, son las proteínas no degradables en rumen y otros nutrientes esenciales para la asimilación de la proteína celular microbiana. Estos resultados indican que el NNP podría ser un suplemento más viable si se sincroniza con la disponibilidad de amoníaco más estrechamente con los procesos de fermentación y los nutrientes esenciales para el crecimiento bacteriano. Por consiguiente, se requiere de sistemas de alimentación que permitan un consumo frecuente de cantidades pequeñas de suplemento que puedan ser cubiertos con un suplemento a base de NNP.

### **Efecto de la suplementación en la condición corporal**

La calificación de condición corporal, es una medición subjetiva de la cantidad de grasa presente en el cuerpo de un animal y es un excelente indicador del estado nutricional y comportamiento reproductivo postparto de los mismos. Existen dos sistemas de clasificación, el Europeo con escala de 1 (extremadamente flaca) a 5 (extremadamente gorda) y el Norteamericano más común en bovinos productores de carne con escala de 1 (extremadamente flaca) a 9 (extremadamente gorda), con un valor de 5 como promedio (García y López, 1998).

El impacto de una adecuada condición corporal de las vacas al parto (5 a 7) y de vaquillas (6 a 7), se refleja en un mayor porcentaje de preñez, por lo tanto, mayor por ciento de pariciones, menor pérdida de crías, mayor porcentaje

de crías destetadas y mayores ingresos económicos al productor. Además, se reduce el anestro postparto, las vacas se preñan al inicio del empadre, por lo tanto, paren al inicio de la época de primavera, las vacas producen más leche y destetan crías más pesadas (García y López, 1998).

Entre las causas más comunes de tener vacas en mala condición corporal, se pueden mencionar: Consumo inadecuado de nutrientes, inadecuado manejo del pastizal y del ganado, edad excesiva, enfermedades y parásitos, entre otros.

Algunas recomendaciones para lograr las metas reproductivas y productivas serían: Mantener vacas en buena (óptima) condición corporal todo el año, incluir la estimación corporal como una práctica rutinaria de manejo de ganado dadas sus ventajas y bajo costo, estimar los cambios en condición corporal en los diferentes estados fisiológicos de las vacas, saber cambiar la condición corporal cuando se requiera, ajustar el manejo del ganado y del pastizal a las condiciones climáticas del rancho y planear el manejo del ganado (empadre, partos y destete) buscando minimizar los requerimientos nutricionales durante la época seca o sea tener vacas secas cuando el pasto está seco y paridas cuando esté verde siempre y cuando haya pasto suficiente.

Huston *et al.* (1993), mencionan que una suplementación proteica con niveles de 20 y 40 por ciento de PC en invierno puede mantener y mejorar la condición corporal en vacas preñadas. Revidatti *et al.* (2002), encontraron que

al suplementar vacas en pastoreo con cítricos optimiza el estado nutricional de las mismas, impidiendo las pérdidas de peso y condición corporal que usualmente se producen en épocas invernales.

La condición corporal en vaquillas no es un parámetro muy importante en esta etapa, ya que en está el parámetro más importante es el peso, debido a que desde el destete se busca obtener el 45 por ciento de su peso adulto de acuerdo a la raza, el 65 por ciento al principio de la época de empadre, y el 85 por ciento al primer parto (Kunkle *et al.*, 1990; Herd y Sprott, 1986; Lyons y Manchen, 2001).

### **Efecto de la suplementación en vaquillas en pastoreo**

En las explotaciones comerciales de bovinos de carne del Norte del País, el destete de las crías ocurre durante el otoño que es cuando se venden los becerros machos y parte de las becerras que no se venden se destinan para reemplazo, y consumen una dieta a base del forraje disponible en el potrero, que en la mayoría de las veces no aporta la cantidad de nutrientes en las proporciones adecuadas que les permita a éstas seguir creciendo y desarrollándose de acuerdo a su potencial, por lo que normalmente sólo se mantienen, siendo común que tengan al final del invierno el mismo peso con el que se destetaron en el otoño del año pasado, siendo recomendable por este motivo, el uso de la suplementación durante la estación invernal para asegurar de esta manera un adecuado desarrollo (Fierro, 1977).

Ochoa *et al.* (1986), mencionan que los objetivos que se persiguen con una nutrición adecuada en las vaquillas son: 1) disminuir el tiempo en que alcancen la pubertad, mediante el suministro de nutrientes en cantidades adecuadas; 2) disminuir al máximo los costos utilizando adecuadamente cada ingrediente; y 3) proporcionar alimento en las épocas críticas.

Si se desea que las vaquillas tengan su primer becerro a los 24 meses de edad, es necesario que las hembras de reemplazo alcancen el peso mínimo recomendado de la raza para el apareamiento a los 15 meses de edad, pero para lograr este objetivo, la vaquilla debe de aumentar aproximadamente 0.7 kg por día desde el nacimiento hasta los 15 meses de edad. Una vaquilla alimentada con pasto nativo durante el invierno, no podrá mantener este ritmo de crecimiento, a menos que se le suplemente durante esta época del año, debido a que cuando las plantas son jóvenes y suculentas, son ricas en carbohidratos solubles y proteínas, llenando los requerimientos de los animales en crecimiento, pero a medida que estas plantas maduran, habrá proporcionalmente menos carbohidratos solubles y proteínas y más carbohidratos estructurales, los cuales no permiten que se llenen los requerimientos de mantenimiento y crecimiento (Bearden y Fuquay, 1983).

Para que un programa de suplementación postdestete tenga éxito y permita empadrear vaquillas a los 14 - 16 meses de edad, Gutiérrez (1985), menciona que se deben seleccionar becerras con un peso mínimo de 180 kg al destete y proporcionarles una pasta o un suplemento adecuado en cantidad y

calidad, que permita una ganancia de peso diaria de 0.5 a 0.6 kg para lograr que lleguen a los 250 a 300 kg (50 a 60 por ciento del peso adulto), que es el peso al empadre de acuerdo a la raza.

Cuando la alimentación es adecuada, Riquelme (1987), menciona que las vaquillas de raza europea pueden alcanzar la pubertad antes de los 12 meses de edad, con un peso que fluctúe entre 230 y 250 kg. Sin embargo, bajo los sistemas tradicionales de explotación, donde los animales son subalimentados, el peso mínimo para que las vaquillas inicien sus ciclos reproductivos en forma consistente, no se logra antes de los 18 - 24 meses de edad, dependiendo de la época de nacimiento. La decisión de empadrear las vaquillas por primera vez al sobre año o a los dos años de edad, es un ejercicio económico (García y López, 2001).

En una investigación efectuada por Greer *et al.* (1983), donde se utilizaron becerras Red Poll, Shorthorn y sus cruzas, a las cuales dividieron en dos grupos, donde sólo un grupo recibió un nivel alto de alimentación después del destete, encontraron que las becerras que fueron más pesadas al destete y recibieron un nivel alto de alimentación después del destete, alcanzaron la pubertad y el peso para empadrearlas más rápido que el grupo de becerras que no se suplementó después del destete.

Así mismo, Pinney *et al.* (1972), realizaron un estudio durante 8.5 años donde midieron el efecto de la suplementación en tres niveles (bajo, mediano y

alto) y dos edades para el primer parto (dos y tres años) en vaquillas bajo condiciones de pastoreo, encontrando que las vaquillas que parieron su primer cría a los dos años de edad, destetaron en promedio 154 kg más de becerro que las vacas que paren su primer cría a los tres años de edad, además de que la suplementación invernal afectó significativamente las ganancias de peso en el invierno y verano en los primeros años del trabajo, observándose que el peso y la altura fue mayor para las vaquillas que parieron a los tres años y que durante el periodo invernal recibieron el nivel alto de suplementación, en comparación con las vaquillas que parieron a los dos años y durante el período invernal recibieron el nivel bajo de alimentación.

Wallace (1987), suplementó vaquillas con un peso promedio de 227 kg, las cuales se encontraban en pastizales con un 9.6 por ciento de PC, con 3.2 kg de semilla de algodón (41 por ciento de PC) dos veces por semana, 2.91 kg de grano de maíz (9.4 por ciento de PC) dos veces por semana y este mismo pero 83 kg por semana, durante el invierno, obtenido cambios de peso de 34 kg con semilla de algodón, así mismo estas presentaron mayores tasas de concepción.

Judkins *et al.* (1987), utilizaron tres grupos de vaquillas con un peso promedio de 241 kg, el grupo uno no fue suplementado, el grupo dos se suplemento con 1.7 kg/animal/día de harinolina (47 por ciento de PC) y al tercer grupo se le suministro 3.6 kg/animal/día de heno de alfalfa (17.5 por ciento de PC), el grupo uno presento cambios de peso negativos (-3 kg de peso), el grupo dos presento cambio de peso de 25 kg y el grupo tres de 24 kg.

## La carga animal con relación a la respuesta animal

La carga animal se refiere al número de unidades animales (UA) pastoreando una superficie conocida a través del año. Normalmente se expresa como UA/ha/año (White and Troxel, 2000). La carga animal adecuada o capacidad de carga, corresponde al número de animales que, de acuerdo a sus requerimientos de materia seca, consuman el 25 por ciento del forraje producido durante el año (Hanselka *et al.*, 2002). Esto indica, que la carga animal adecuada de una región puede ser muy distinta a la de otra área, ya que dependerá del potencial de producción de forraje de cada lugar. Como ejemplo puede mencionarse que en agostaderos de zonas áridas, el coeficiente de agostadero puede ser superior a las 30 ha/UA/año. Cuando se utilizan cargas superiores a la adecuada, se cae en el problema del sobrepastoreo. Cuando este sobrepastoreo es continuo (a través de varios años), se deteriora la condición del pastizal y en consecuencia su producción forrajera, lo que a su vez se reflejará en menor producción animal (García y López, 1998).

Existe sin embargo, 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 una función de la cantidad disponible (a niveles menos del exceso) mientras calidad es una función tanto de la calidad del forraje como la habilidad del animal a seleccionar la dieta más nutritiva (White and Troxel, 2000).

La selección del animal esta relacionada indirectamente a la calidad del forraje y la carga animal; una carga animal arriba de un llamado nivel crítico, puede causar una reducción en la producción de carne por cabeza. Cuando se incrementa la carga animal arriba de la carga moderada y carga mayor, el incremento por animal baja de manera lineal, sin embargo, la producción de carne por unidad de superficie sigue una función cuadrática con aumentos de peso, incrementando conjuntamente con la carga animal, seguido por una reducción acelerada en incrementos cuando se continua a aumentar la carga animal mas allá del extremo de carga mayor. Ruyle (1990), en un estudio en Arizona evaluó el efecto de cuatro cargas animales que fueron 1.8, 2.4, 2.6 y 4.1 UA por hectárea. El peso de becerros al destete fue menor con las cargas animales mayores. La producción por unidad de superficie fue mayor a los niveles de carga animal 2.4 y 2.6 UA/ha, y menor para las cargas 1.8 y 4.1 UA/ha.

González *et al.* (1999), mencionan que al reducir la carga animal a una carga adecuada (menor del 50 por ciento de la carga total), es posible producir más carne de becerro destetado, con menor número de vientres. Aunque el número de becerros cosechados fue inferior, el porcentaje de destetes y el peso al destete aumentaron, lo que incrementó la producción total de kilos 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 por ciento.

## Sistema de espectroscopia de reflexión infrarroja (NIRS)

Una gran limitación en el soporte de decisiones en el manejo nutricional es la incapacidad de los ganaderos y consultores para determinar la calidad de la dieta bajo condiciones de campo, en donde los animales pastan libremente a través de diversos tipos de pastas (Lyons *et al.*, 1992; Lyons *et al.*, 1993 y Stuth, 1998). Sin embargo los recientes avances en el NIRS han hecho posible detectar a nivel fecal proteína cruda y materia orgánica digestible en la dieta, debido a que el principio central de NIRS es que las heces fecales son un subproducto de lo que los animales consumen. El NIRS ha sido utilizado para determinar rápidamente varios parámetros químicos de los forrajes (Abrams *et al.*, 1987).

El potencial de NIRS para precisar y analizar la calidad exacta de la dieta de herbívoros en pastoreo ha sido demostrado con dietas coleccionadas vía esofágica (Lyons *et al.*, 1995). Con un proceso de muestreo apropiado, NIRS puede detectar a nivel fecal productos colaterales a la digestión y también relacionarlos a la PC y MOD (Holecheck *et al.*, 1982; Stuth *et al.*, 2001). Por lo que puede ser utilizado en pastoreo con un grado de precisión que se acerca a precisar la calidad del pastizal como los métodos típicos. La información obtenida de las heces a través de NIRS podría usarse con la de otros programas de computadora para apoyar a los sistemas en la toma de decisiones oportunas como el uso de suplementos. La suplementación basada en el NIRS parece ser factible (Lyons *et al.*, 1993).

Lyons y Stuth (1992), desarrollaron ecuaciones que predicen la proteína cruda y la materia orgánica digestible de la dieta en heces fecales con niveles similares de exactitud a los análisis químicos estándar de laboratorio en base húmeda para el ganado bovino. Las ecuaciones de predicción están desarrolladas en base a muestras fecales de vacas lactando y vacas secas, de estos dos grupos se fistularon cuatro de cada uno de los grupos. De estas vacas fistuladas se extrajeron muestras y fueron analizadas, también se muestrearon las dietas que consumían los dos grupos y se analizaron con los análisis convencionales de laboratorio (química húmeda), para determinar los valores de proteína y materia orgánica digestible.

Después de obtener los análisis anteriores procedieron a determinar los errores estándar de la calibración y validación, entre estos dos se conforma el error estándar de laboratorio. Luego se procede a la determinación de los coeficientes de determinación de MOD y PC, y así se obtienen las ecuaciones para la determinación de ecuaciones de estandarización.

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

- Que los índices de nitrógeno fecal son utilizados para la estimación de la dieta consumida por el animal, digestibilidad y contenido de proteína.

- El análisis de heces facilita la colección de estas y además de que las heces son representativas de la calidad de la dieta que consumen los animales, lo anterior hace la técnica interesante.
- Si se considera que la composición de las heces del rumiante están relacionadas teóricamente con los constituyentes de la dieta que consume el animal.
- La materia seca de las heces ésta constituida de materiales indigeribles de la dieta (lignina, hemicelulosa, celulosa, parenquima, cutícula y tejido bascular), paredes celulares de las bacterias del rumen y paredes celulares del tracto digestivo, residuos de sustancias endógenas (enzimas digestivas, mucosa) y células epiteliales.
- La secreción de nitrógeno bacterial esta relacionado con la cantidad de energía fermentable en el animal.
- Las paredes celulares indigeribles de las bacterias del rumen más las células de fermentación de la parte final del tracto gastrointestinal son las fuentes de la materia fecal microbial.
- Alrededor del 86 por ciento del nitrógeno fecal presente en la materia seca de las heces es de origen bacterial y endógeno, de este el 74 por

ciento es de origen bacterial y de 10 a 15 por ciento es de origen endógeno (no bacterial).

- No existe evidencia que permita decir que la proteína digestible del alimento esta 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 estas ecuaciones, utilizando muestras de dietas en toretes fistulados esofágicamente y muestras de heces de toretes, los dos grupos consumieron la misma dieta, la 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 en el Cuadro 2.2. Toleson (2001), analizaron muestras a través de NIRS y laboratorio encontrando resultados similares a lo reportado por Lyons *et al.* (1995), (Figuras 2.1 y 2.2).

Cuadro 2.2 Proteína cruda y materia orgánica digeribles de muestras de toretes fistulados y de heces fecales a través de química húmeda y NIRS.

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

Fuente: Lyons *et al.*, 1995.

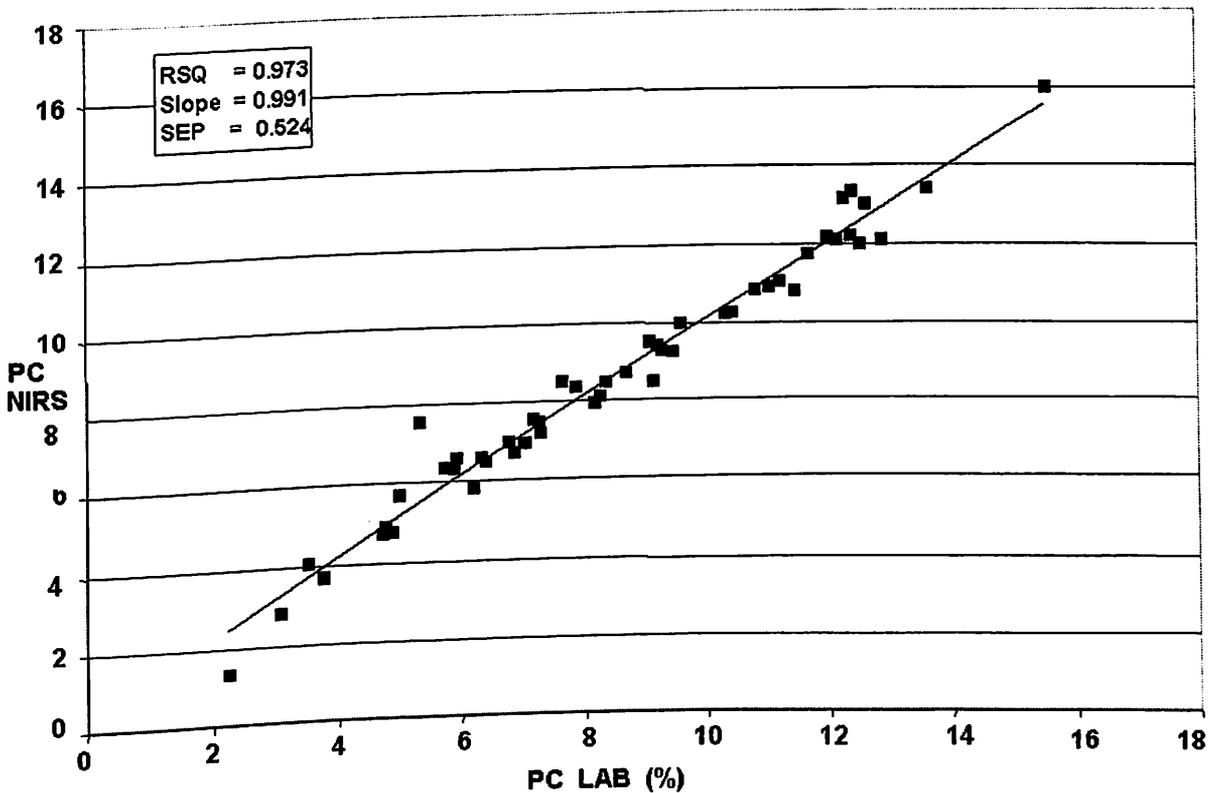


Figura 2.1 Pruebas de laboratorio contra NIRS en Plantas C4 para proteína cruda.

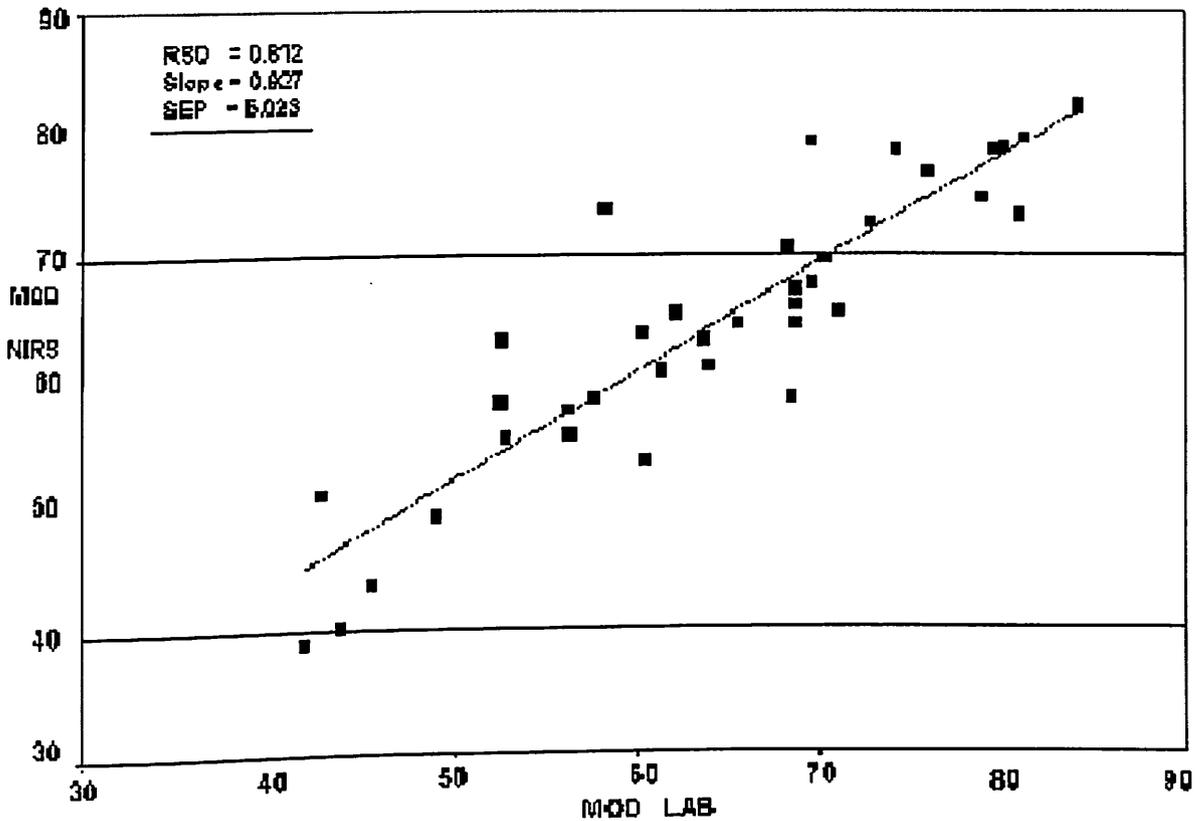


Figura 2.2 Pruebas de laboratorio contra NIRS en plantas C4, para materia orgánica digestible.

Por lo que la predicción del NIRS sobre la calidad del forraje en animales en libre pastoreo a través del análisis fecal parece tener el potencial como para tomar una dirección y hacer una herramienta de la investigación (Brooks *et al.*, 1984, Coleman *et al.*, 1989, el Stuth *et al.*, 1989).

Toleson (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 2.3).

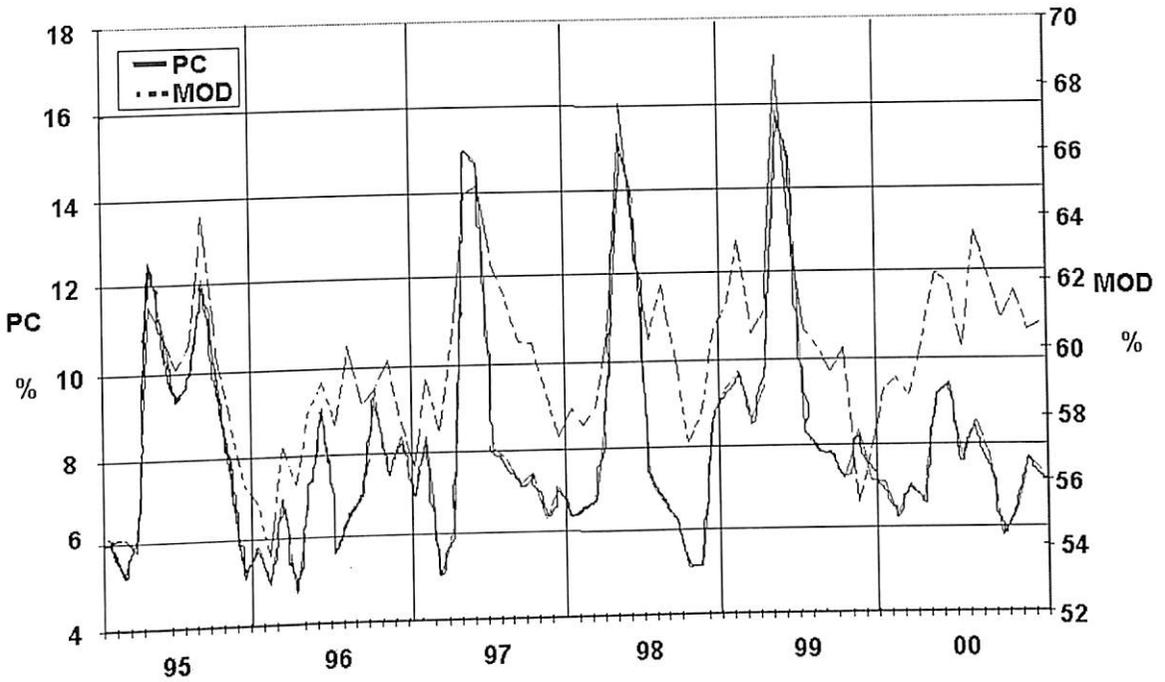


Figura 2.3. Calidad de la dieta de pastizales de Garfield Co. MT, USA.

El análisis se realiza en el laboratorio de Nutrición de Animales bajo Pastoreo de la Universidad de Texas A&M, en el cual al recibir las muestras de heces las seca en una estufa a 60°C durante 48 horas, muestrean y estabilizan la humedad antes de analizar las muestras por el NIRS (Lyons y Stuth, 1991). El NIRS cuenta con un microcomputador integrado con un escáner Pacific Scientific 4250 (NIRSystems, Perstrop Analytical, Silver Spring, MD), el cual se calibra en base a PC y MOD, las ecuaciones de calibración se desarrollan con datos colectados en años anteriores. El NIRS se basa en la intensidad de reflectancia que es controlada por varios cientos de longitudes de onda en la banda infrarroja. La reflectancia es influenciada por un número y tipo de enlaces químicos en la heces. Las longitudes de onda primarias en la ecuaciones de predicción parecen ser asociadas con la fibra y fracciones microbiales de las

heces. Los resultados pasan a una computadora para el final de su análisis (Lyons *et al.*, 1993).

Así mismo el NIRS es un sistema que se a utilizado para predecir el valor nutricional de alimentos y forrajes. La calidad nutricional de los forrajes a través del NIRS se ha estudiado desde hace algunas décadas (Norris *et al.*, 1976; Shenk *et al.*, 1979; Holechek *et al.*, 1982; Ward *et al.*, 1982 y Abrams *et al.*, 1987). En México el NIRS es utilizado por el Grupo Industrial LALA desde hace varios años, para el análisis nutricional de los alimentos empleados en sus productos. Investigaciones realizadas para calibrar las ecuaciones de predicción han obtenido óptimos resultados en cuanto a la predicción de los valores de proteína cruda, fibra ácido detergente (ADF), fibra neutro detergente (NDF) y lignina (Shenk *et al.*, 1979).

El NIRS se utilizo para predecir los valores de PC y MOD en la Universidad de Texas A&M. Desde 1988, el grupo de investigadores de la Universidad ha trabajado con 850 pares de dietas y heces de valores conocidos de proteína cruda y digestibilidad para desarrollar una ecuación de predicción con el respaldo suficiente a través de los Estados Unidos de Norte América (EUA). El servicio de Nutrición de Animales en Pastoreo (GAN Lab), se creo a finales de 1994 con el objetivo de realizar análisis de muestras para todo EUA. En el extranjero se han establecido laboratorios de NIRS en Australia y cinco países del Este de África y se están estableciendo laboratorios en Argentina y Brasil.

La base de datos del laboratorio de Nutrición de Animales bajo Pastoreo de la Universidad de Texas A&M, es una colección de datos georreferenciados de valores de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica para ganado de carne, ovinos, caprinos y venado cola blanca, clasificados por rancho. Los ranchos localizados en la región del Sur de Texas, definida como matorrales subtropicales, fueron identificados y se separó la información para realizar un análisis estadístico. Se calcularon los valores promedio de PC y MOD y sus desviaciones estándar para el periodo comprendido entre 1994 y 1997 (Stuth, 1998).

### III MATERIALES Y MÉTODOS

#### Área de estudio

#### Localización geográfica

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

#### Clima

Según la clasificación de Koeppen, modificada por García (1973), el clima predominante es el siguiente:  $BS_0 hx' (e)$ : clima seco, semicálido, extremoso, con invierno fresco, lluvias escasas todo el año, con precipitación invernal superior al 10 por ciento.

Donde :

$BS_0$  = El más seco de los BS.

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

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

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

## Condiciones climáticas del periodo de investigación

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

Cuadro 3.1 Temperatura media en °C y precipitación media en milímetros.

PARAMETRO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Temperatura	15.0	15.0	19.9	26.2	29.2
Precipitación	0.06	.35	1.06	2.9	0.0

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

## Suelo

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

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

## Vegetación

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

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

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

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

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

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

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

Fuente: Vázquez 1992.

## **Características del rancho utilizado**

El rancho cuenta con un total de 5800 hectáreas, subdividido en 8 potreros. Así mismo cuenta con 166 vacas lactantes, 177 vacas gestantes, 16 sementales y 30 vaquillas de reemplazo. Cuenta con corrales para manejo, baño de inmersión, bascula, prensa, embarcadero, dentro de cada potrero se localizan cinco bebederos y un promedio de dos saladeros por bebedero, al igual que cuenta con infraestructura para cacería deportiva, principalmente venado cola blanca y guajolote silvestre.

## **Caracterización del sistema de producción**

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

## **Materiales**

### **Caracterización de los animales utilizados**

La craza que se explota en el rancho es un medio de la raza Simmental cruzados con un medio de las Charoláis, Hereford y Brahmán.

En el estudio se utilizaron vaquillas obtenidas de las razas mencionadas.

### Suplemento proteico

El suplemento proteico (32 por ciento de proteína cruda en base materia seca) proporcionado se elaboro en la planta de alimentos de la Asociación Ganadera Local de Piedras Negras. El cual contiene harinolina como fuente de proteína, melaza como fuente de carbohidratos solubles para dar firmeza al suplemento, urea como fuente de proteína no verdadera, sal como regulador de consumo, vitaminas y minerales. El suplemento era depositado en botes de 100 kg.

Los ingredientes y su proporción se presentan en el Cuadro 3.3. En el Cuadro 3.4 se presenta la estimación y el análisis del suplemento.

Cuadro 3.3 Ingredientes del suplemento proteico (32 por ciento de proteína).

<b>Ingrediente</b>	<b>Proporción base materia seca (%)</b>
Harinolina	38.5
Melaza	23.0
Urea	4.0
Sal de mar	30.0
Ortofosfato	2.0
Carbonato de calcio	0.5
Premezcla de vitaminas	2.0

Cuadro 3.4 Comparación de la estimación y el análisis del suplemento.

Parámetro	Estimado (%) <sup>1</sup>		Analizado (%) <sup>2</sup>	
	B. H. <sup>a</sup>	B. S. <sup>b</sup>	B. H.	B. S.
Humedad	10.25	0.00	62.50	0.00
Materia seca	89.75	100.00	37.50	100.00
Proteína cruda	27.40	30.53	12.10	32.26
N. D. F.	9.53	10.62	4.90	13.06
Cenizas	4.69	5.23	10.82	28.85

<sup>1</sup>Asociación Ganadera de Piedras Negras; <sup>2</sup>Nuplen; <sup>a</sup>Base húmeda; <sup>b</sup>Base seca.

## Metodología

### Selección de animales

Se formaron al azar dos grupos (Tratamiento y Control) de 15 animales cada tratamiento, los animales del grupo tratamiento (CS) tuvieron un peso inicial promedio (PI) de 210.5 kg y una condición corporal promedio de 4.0 (en escala de 1 a 9) y el grupo control (SS) un peso inicial promedio de 204.6 kg y una condición corporal promedio de 4.0. Cada grupo fue colocado en un potrero diferente. Los animales fueron aretados para su identificación.

### Suplementación proteica

Se ofreció al tratamiento CS un kilogramo diario por individuo (base húmeda), durante 85 días, iniciando el día 25 de Enero y concluyendo el 18 de Abril del 2002, cada semana se colocaba un bote en el potrero donde se encontraban los animales. El consumo de materia seca promedio fue estimado

en 375 g (base seca), se asume que todos los animales consumieron esta cantidad, ya que cada que se hacia el cambio de bote este se encontraba vacío.

## **Parámetros evaluados**

### **Peso, condición corporal, proteína cruda y materia orgánica digestible.**

Se tomo el peso de cada individuo al inicio del estudio (25 de Enero de 2002), cada mes y al final de este (18 de Abril de 2002, dando un total de 4 pesadas. Para este efecto se utilizo la bascula del rancho que tiene una capacidad de 6 toneladas. Así mismo se califico la condición corporal a cada vaquilla de los dos tratamientos al inicio del estudio, con calificaciones cada 15 días hasta la calificación final. La PC y MOD fue evaluada a través de NIRS.

### **Colección de heces**

Las heces fueron colectadas sistemáticamente al inicio del estudio, cada 15 días y al final de este. Se colectaron en bolsas de plástico con cierre hermético, identificadas con la fecha de muestreo y el nombre del grupo (tratamiento y control), las muestras recolectadas fueron de tres individuos por tratamiento en una misma bolsa y tenían en promedio 100 g de peso por muestra. Al termino de cada muestreo se depositaron las muestras en un congelador para efecto de su conservación.

## Análisis de heces

Las heces fueron congeladas y enviadas al laboratorio de servicios de nutrición de animales en pastoreo GAN Lab (Texas A&M University), para su análisis.

El procedimiento que se realiza en el laboratorio es el siguiente:

- Recepción de las muestras de heces.
- Secado de las heces en una estufa a 60°C por 48 horas.
- Molienda de las muestras que pasan por una pantalla de 1 mm para uniformizar la dimensión de partícula para mejorar la precisión del NIRS (Norris *et al.*, 1976).
- Estabilización de la humedad de las muestras (Lyons, 1990).
- Análisis a través del NIRS que cuenta con un escáner 4250 provisto con tres filtros y un recipiente para colocar las muestras.
- Predicción de PC y MOD por medio de ecuaciones a través de un software por computadora que recibe el análisis realizado por el NIRS.

## VARIABLES CALCULADAS

Ganancia de peso (GDP) = peso final - peso inicial

Peso\* = Interpolación entre peso uno y peso dos; peso dos y peso tres y; peso tres y peso cuatro (\*para efecto de análisis se utilizaron 7 pesadas).

Cambio de peso (CP) = Peso uno menos peso dos, peso dos menos peso tres,....., peso seis menos peso siete.

Cambio en condición corporal (CCC) = CC dos menos CC uno,....., CC siete menos CC seis.

Para determinar la carga animal se realizaron los siguientes cálculos: Tomando en cuenta que se utilizaron las pastas Muerta y Entrada que cuentan con una superficie de 30 y 250 ha respectivamente, y en cada pasta se tenían 15 animales. White y Troxel (2000), mencionan que una vaquilla equivale a 0.7 unidades animal, en base a lo anterior se multiplico 15 animales por 0.7 obteniendo 10.5 unidades animal (UA).

Finalmente se dividió la superficie de cada pasta entre 10.5 UA obteniendo una carga animal de 2.85 ha/UA para la pasta de 30 ha y 23.8 ha/UA para la paste de 250 ha.

Teniendo en cuenta que no se tuvo control sobre la carga animal dado que la investigación se realizo bajo condiciones de rancho.

## **Tratamientos**

Los tratamientos experimentales fueron los siguientes:

**Tratamiento; Con Suplemento (CS):** Recibió un kilogramo de un suplemento con 32 por ciento de proteína.

**Control; Sin Suplemento (SS):** No recibió suplementación.

## **Análisis estadístico**

El efecto del tratamiento con la ganancia de peso (GP) y condición corporal (CC) de los dos tratamientos (CS y SS), se analizaron mediante un análisis de varianza (ANVA) con peso inicial como covariable.

La proteína cruda (PC), materia orgánica digestible (MOD), se analizaron a través de un ANVA para determinar su efecto sobre los tratamientos.

Se realizó una correlación entre las variables T, CA, PM, GP, CC, PC y MOD.

Se realizó un análisis de factores donde se incluyeron los tratamientos (T) con las variables carga animal (CA), periodo de muestreo (PM), ganancia de peso (GP), condición corporal (CC), proteína cruda (PC) y materia orgánica digestible (MOD).

El objetivo de realizar un análisis de factores es transformar la matriz utilizada para caracterizar las observaciones mediante un pequeño número de

**Tratamiento; Con Suplemento (CS):** Recibió un kilogramo de un suplemento con 32 por ciento de proteína.

**Control; Sin Suplemento (SS):** No recibió suplementación.

### **Análisis estadístico**

El efecto del tratamiento con la ganancia de peso (GP) y condición corporal (CC) de los dos tratamientos (CS y SS), se analizaron mediante un análisis de varianza (ANVA) con peso inicial como covariable.

La proteína cruda (PC), materia orgánica digestible (MOD), se analizaron a través de un ANVA para determinar su efecto sobre los tratamientos.

Se realizó una correlación entre las variables T, CA, PM, GP, CC, PC y MOD.

Se realizó un análisis de factores donde se incluyeron los tratamientos (T) con las variables carga animal (CA), periodo de muestreo (PM), ganancia de peso (GP), condición corporal (CC), proteína cruda (PC) y materia orgánica digestible (MOD).

El objetivo de realizar un análisis de factores es transformar la matriz utilizada para caracterizar las observaciones mediante un pequeño número de

variables no correlacionadas entre sí, que faciliten el análisis de los datos obtenidos.

Dicho de otra manera el análisis de factores pretende:

- Facilitar el estudio de las relaciones existentes entre variables.
- Facilitar el análisis de la dispersión de las observaciones (poniendo en evidencia posibles agrupamientos), detectando las variables que son responsables de dicha dispersión.

Los análisis fueron a través del programa estadístico STATITICA ver. 98.

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Respuesta animal

Se realizó un análisis de varianza (ANVA) (Cuadro 4.1) para determinar el efecto del tratamiento con la ganancia de peso (GP) y condición corporal (CC) utilizando como covariable el peso inicial (PI) los resultados se presentan a continuación.

Cuadro 4.1 Análisis de varianza para la respuesta animal.

VARIABLE	GL <sup>1</sup>	CM <sup>2</sup>	P < F
<b>Efecto de tratamiento con covariable peso inicial, kg.</b>			
<b>Respuesta Animal</b>			
Ganancia de Peso promedio (kg/cab)	1	1372.531	.0006**
Condición Corporal	1	.078	.186 <sup>NS</sup>

<sup>1</sup>Grados de Libertad; <sup>2</sup>Cuadrados medios; \*\*P < 0.01; <sup>NS</sup>No Significativo

### Ganancia de peso

Se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.0006$ ) para la variable ganancia de peso (GP) entre las medias de respuesta de los tratamientos utilizando como covariable el peso inicial (PI) a favor del tratamiento sin suplemento proteico (SS), ya que gano en promedio 4.33 kg en comparación con el tratamiento con suplementación proteica (CS) que perdió en promedio 10.07 kg (Figura 4.1). El consumo de materia seca del tratamiento

CS promedio fue estimado en 375 g (base seca), se asume que todos los animales consumieron esta cantidad, dado que consumieron el total del suplemento ofrecido. Con la suplementación proteica (32 por ciento de PC) en el tratamiento CS se encontró efecto negativo sobre la GP en los animales. Por lo que los resultados son inversos a lo esperado. La proteína suplementada pudo ser utilizada metabólicamente para mantener los niveles energéticos y síntesis de proteína microbiana, sin embargo, al suceder estos eventos el animal al mismo tiempo esta utilizando sus reservas corporales, es decir se presenta una gluconeogenesis y una lipólisis, hecho que conlleva a la pérdida de peso, por lo que la proteína suplementada fue utilizada para mantener la población microbiana, niveles energéticos y así subsistir. Así mismo la suplementación en la época de invierno se realiza con el propósito de mantener el peso de los animales y si la cantidad y calidad de los forrajes consumidos son buenas (>6 por ciento de PC) se puede presentar un incremento en la ganancia de peso. El resultado para ganancia de peso es semejante a lo reportado por Lippke *et al.* (2000), que realizaron un experimento con 9 novillos divididos en tres grupos iguales pastando en praderas de trigo, los cuales fueron suplementados, el primer grupo se suplemento con 11.3 g/kg BW<sup>75</sup> de harinolina, el segundo con 11.3 g/kg BW<sup>75</sup> de harinolina mas 8.5 g/kg BW<sup>75</sup> de maíz rolado y el tercero no recibió suplemento (control), con el objetivo de determinar el efecto de la suplementación, encontrando que los animales suplementados no presentaron efecto significativo ( $P < 0.01$ ) en la ganancia de peso.

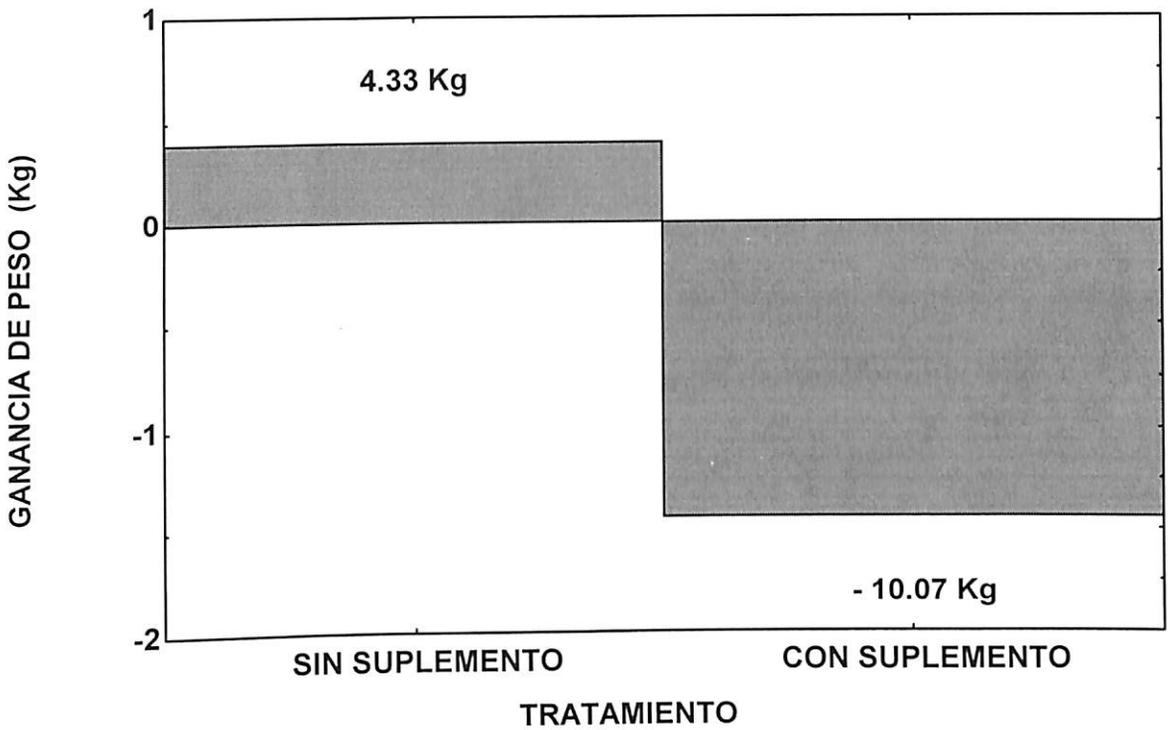


Figura 4.1 Efecto de tratamiento sobre la ganancia de peso.

Worrel *et al.* (1990), suplementaron harinolina a novillos pastando ryegrass, encontrando que la ganancia de peso diaria fue mayor en el control, los cuales únicamente pastaron ryegrass.

Lippke *et al.* (2000), no encontraron diferencia significativa ( $P < 0.01$ ) en el cambio de peso con novillos suplementados. Así mismo Huston *et al.* (1993), mencionan que incrementar el número de individuos en una superficie se presentan efectos negativos en el cambio de peso y la condición corporal.

Las vaquillas del tratamiento CS entraron al experimento con un peso inicial promedio de 210 kg, el cual es mayor que el tratamiento SS que entró

con un peso inicial promedio de 204.6 kg (Figura 4.2), encontrando que el grupo que entró con menos peso obtuvo mayor ganancia de peso, lo que se asemeja con lo reportado por Ackerma *et al.* (2001), que mencionan que al evaluar el efecto de la carga animal en novillos encontraron que animales que presenta menor peso inicial obtienen mayor ganancia de peso por hectárea y los que entran con mayor peso presentan menor ganancia de peso por hectárea.

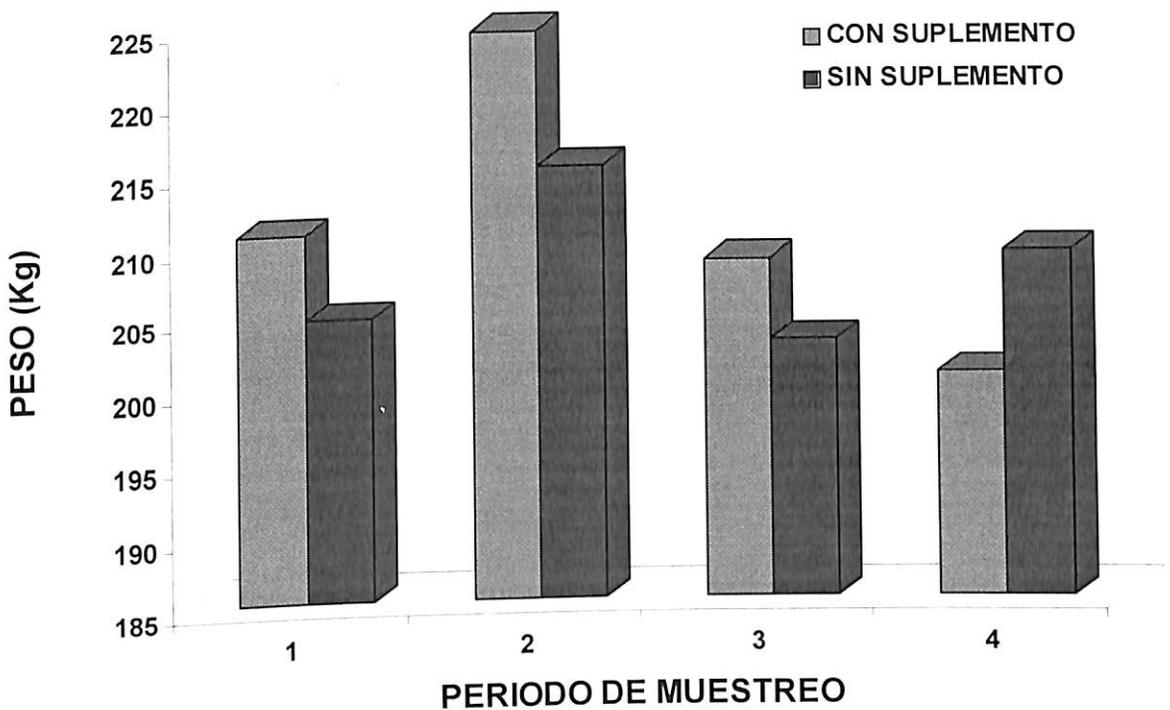


Figura 4.2 Peso de las vaquillas durante el periodo de investigación.

El efecto nulo de la suplementación se puede atribuir a la diferencia entre la carga animal (CA) de los tratamientos (T). El tratamiento CS se encontró en una pasta cuya superficie es de 30 ha con una carga animal de 2.85 ha/UA y el tratamiento SS en una pasta con 250 ha a una carga animal de 23.8 ha/UA. COTECOCA (1979), recomienda una carga animal de 9.38 a 15.58

ha/UA, dependiendo de la calidad del agostadero, para la región donde se realizó el estudio. Sin embargo, la carga animal en este estudio del tratamiento CS estuvo 6.53 ha/UA por debajo de la recomendación mínima de COTECOCA lo que explica la pérdida de peso, los animales no tuvieron la superficie adecuada para cosechar el forraje suficiente para mantener sus requerimientos nutricionales, y así utilizar la proteína suplementada para mantener su peso o posiblemente incrementarlo. Por lo que el efecto de la carga animal pudo haber contrarrestado el efecto de la suplementación en el tratamiento CS, así mismo Ackerma *et al.* (2001), encontraron que al evaluar la ganancia de peso vivo en novillos en libre pastoreo con tres diferentes cargas animal (1=392 kg PV/ha; 2= 504 kg PV/ha; 3= 840 kg PV/ha) se presenta, que a menor kilogramos de PV/ha mayor ganancia de peso ( $P < 0.05$ ) y viceversa.

Winder *et al.* (2000), al evaluar el efecto de tres razas (Barzona, Brangus y Beefmaster) con dos cargas animal (40 ha/UA; 28.5 ha/UA) sobre el porcentaje de pariciones en vaquillas al primer parto, encontraron que el grupo que se estableció en la mayor carga animal presentó un 82 por ciento de pariciones contra un 62 por ciento de pariciones en la carga animal baja, observándose que a mayor superficie por UA se obtiene mejor repuesta animal. Este mismo efecto de la CA sobre la producción animal está reportado por McCollum *et al.* (1999), Gillen *et al.* (1998) y Redmon *et al.*, (1995).

Experimentos que involucran diferentes densidades de carga animal han demostrado una relación positiva de forma consistente con la respuesta animal ,

dado que con cargas mayores se presenta mejores incrementos de peso (Riewe *et al.*, 1963; Hodgson *et al.*, 1971; Le Du *et al.*, 1981).

### **Condición corporal**

El ANVA no mostró diferencia estadística a  $P \geq 0.186$  (Cuadro 4.1) para CC con covariable PI, lo que se puede atribuir a que no fue perceptible un cambio en la condición corporal de medio punto o un punto (en escala 1-9), ya que para que esto ocurra debe existir una pérdida de 18 kg de peso para medio punto y 36 kg para un punto en la condición corporal (Stuth *et al.*, 2001), en promedio los animales del tratamiento CS perdieron 10.07 kg lo que representa en condición corporal un cuarto de punto (0.25) y los del tratamiento SS ganaron en promedio 4.33 kg lo cual no llega a 0.25 en la condición corporal.

La condición corporal en vaquillas no es un parámetro muy importante, ya que en esta etapa el parámetro más importante es el peso, ya que desde el destete se busca obtener el 45 por ciento de su peso adulto de acuerdo a la raza, el 65 por ciento al principio de la época de empadre, y el 85 por ciento al primer parto (Kunkle *et al.*, S/F; Herd y Sprott, 1986; Lyons y Manchen, 2001).

### **Valor nutritivo de la dieta**

El análisis de las heces por medio del NIRS proporciona la predicción del porcentaje de proteína cruda (PC), materia orgánica digestible (MOD), nitrógeno

fecal (FN) y fósforo fecal (FP) (Cuadro 4.2) contenido en las heces colectadas en las pastas de los tratamientos. La PC en el tratamiento CS presenta un rango en los 7 periodos de muestreo de 4.23 a 8.28 de PC y la MOD de 55.23 a 60.49 por ciento, el tratamiento SS presento rangos de PC de 3.72 a 11.74 y de MOD de 55.05 a 62.89 por ciento. Se analizaron los datos del cuadro 4.2 a través de un ANVA para determinar el efecto del tratamiento con la PC y MOD. Los porcentajes de NF y PF indican la proporción de estos que se aportan a través de las heces al agostadero, los cuales no serán analizados en este estudio.

Cuadro 4.2 Predicción de la calidad nutritiva de las pastas utilizadas a través del NIRS.

PM <sub>1</sub>	FM <sup>2</sup>	PC <sup>3</sup> (%)	MOD <sup>4</sup> (%)	FN <sup>5</sup>	FP <sup>6</sup>	PC (%)	MOD (%)	NF (%)	PF (%)
Grupo tratamiento (CS)						Grupo Control (SS)			
1	25/01/02	4.88	55.75	1.69	0.19	6.39	55.05	1.36	0.1
2	09/02/02	5.11	56.23	1.39	0.11	3.72	55.12	1.14	0.08
3	22/02/02	4.23	56.73	1.1	0.16	6.02	55.16	1.18	0.09
4	09/03/02	5.25	55.8	1.25	0.25	5.46	55.16	1.27	0.1
5	21/03/02	4.49	55.23	1.1	0.27	5.36	55.62	1.16	0.15
6	06/04/02	4.89	59.03	1.39	0.46	11.74	62.89	1.98	0.26
7	19/04/02	8.28	60.49	1.63	0.31	7.08	58.47	1.55	0.24

Fuente: LAB GAM, Texas A&M University

<sup>1</sup>Periodo de muestreo; <sup>2</sup>Fecha de muestreo; <sup>3</sup>Proteína cruda; <sup>4</sup>Materia orgánica digestible; <sup>5</sup>Nitrogeno fecal; <sup>6</sup>Fosforo fecal;

Se realizó un análisis de varianza (ANVA) para determinar el efecto del tratamiento con la proteína cruda y la materia orgánica digestible y a continuación se presentan los resultados.

## Proteína cruda y materia orgánica digestible

El analizar la proteína cruda (PC) con los tratamientos a través de un ANVA (Cuadro 4.3), presentó diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.0004$ ) entre las medias de respuesta de los tratamientos, el tratamiento SS presenta en la pasta en que se alojó 6.53 por ciento de PC y el tratamiento CS presenta en promedio 5.30 por ciento (Figura 4.3), presentando el mismo efecto de la ganancia de peso con respecto a la carga animal, dado que el tratamiento CS, el cual se encontraba a una menor carga animal presentó menor porcentaje de PC, contrario al tratamiento SS que se encontró a una carga animal mayor el cual presentó mejores porcentajes.

Cuadro 4.3 Análisis de varianza para la respuesta NIRS.

VARIABLE	GL <sup>1</sup>	CM <sup>2</sup>	P < F
<b>Efecto de tratamiento</b>			
<b>Respuesta NIRS</b>			
Proteína Cruda	1	79.981	.0004**
Materia Orgánica Digestible	1	3.432	.428 <sup>NS</sup>

<sup>1</sup>Grados de Libertad; <sup>2</sup>Cuadrados medios; \*\* $P < 0.01$ ; <sup>NS</sup>No Significativo

La materia orgánica digestible no presentó efecto significativo ( $P \geq 0.428$ ) entre las medias de respuestas de los tratamientos.

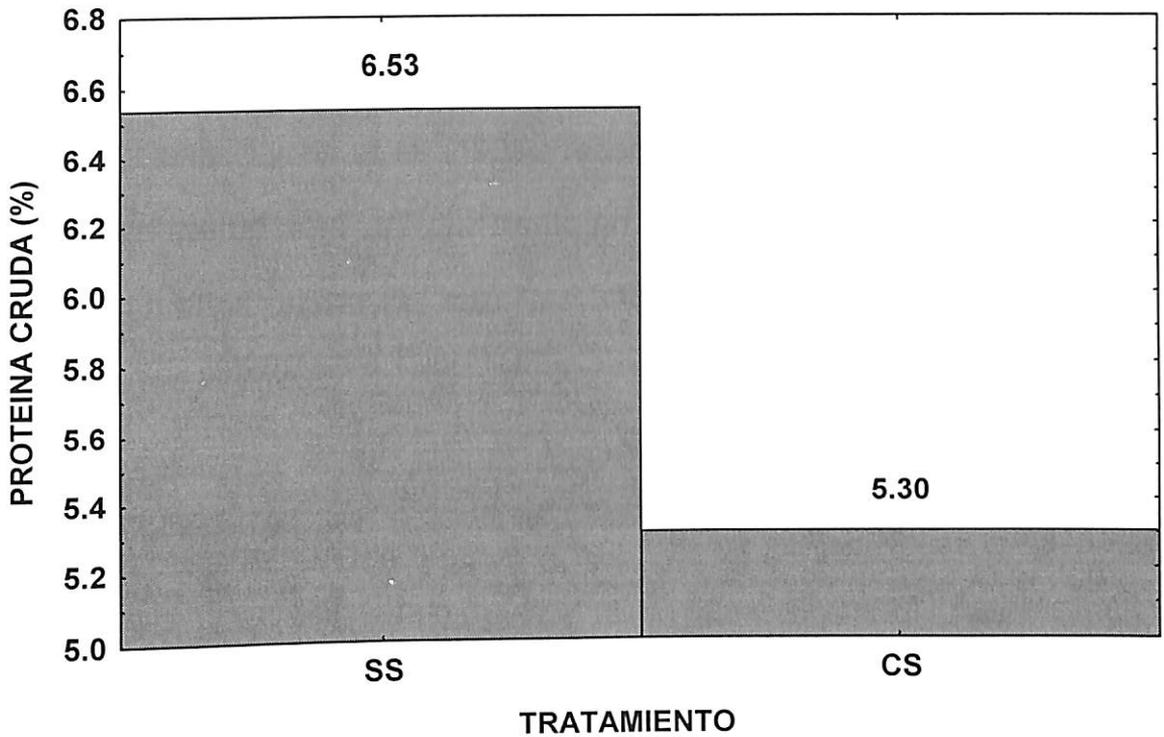


Figura 4.3 Efecto del tratamiento sobre la proteína cruda.

Los niveles de PC y MOD son similares a lo reportado por Hunnicutt *et al.* (2000), en un estudio realizado en el sur de Texas en el cual encontraron niveles de PC del cinco por ciento y de MOD de 55 por ciento, durante la época de invierno.

Tolleson (2001), reporta niveles de PC y MOD de 6.3 y 58.2 por ciento respectivamente, a través de NIRS con heces de animales pastando zacate Bermuda en Oklahoma.

Así mismo Lyons *et al.* (1993), reportan niveles de proteína cruda en animales suplementados de 5.4 a 5.9 por ciento y en animales no

suplementados de 6.9 a 6.5 por ciento , con respecto a MOD los suplementados presentan niveles de 59.2 a 58.4 por ciento y los no suplementados de 58.6 a 57.6 por ciento. Lyons *et al.* (1995), reportan niveles de proteína cruda en la época de invierno de 5 a 7 por ciento en agostadero, en análisis a través de NIRS y niveles similares bajo las mismas condiciones por medio de digestibilidad *in vitro*.

### **Análisis de factores**

Al realizar un análisis de factores (Cuadro 4.4) entre los tratamiento (T) y las variables carga animal (CA), periodo de muestreo (PM), ganancia de peso (GP), condición corporal (CC), proteína cruda (PC) y materia orgánica digestible (MOD), se encontró que los tres factores nos explican el 82.50 por ciento de la varianza total. El primer factor (F1) explica el 36.47 por ciento de la varianza total y esta definido por las variable periodo de muestreo, proteína cruda y materia orgánica digestible las cuales tienen una alta relación positiva con el factor. Igualmente al analizar el periodo de muestreo (PM) con la proteína cruda se encontró un coeficiente de correlación de 0.50 (Apéndice A.1), lo que indica que el PM presentó influencia positiva con los porcentajes de PC. Con respecto a la MOD presentan un coeficiente de correlación de 0.68. El resultado de los dos análisis quieren decir que a través del periodo de muestreo; el perfil nutricional de las pastas utilizadas presentó cambios positivos en los niveles de proteína cruda y materia orgánica digestible. Lo cual pudo ser influenciado por la precipitación y tal efecto se explica más adelante.

Cuadro 4.4 Coeficiente de correlación de las variables con los tres primeros factores.

VARIABLE	FACTORES		
	Factor 1 (F 1)	Factor 2 (F 2)	Factor 3 (F3)
T <sup>1</sup>	-.226	<b>-.946**</b>	-.217
CA <sup>2</sup>	.226	<b>.946**</b>	.217
PM <sup>3</sup>	<b>.791**</b>	-.186	-.108
GP <sup>4</sup>	-.328	.443	-.546
CC <sup>5</sup>	-.392	.319	<b>-.687*</b>
PC <sup>6</sup>	<b>.880**</b>	.185	-.189
MOD <sup>7</sup>	<b>.887**</b>	-.195	-.332*
Varianza explicada por el Eigenvalor (%)	<b>36.477</b>	<b>31.392</b>	<b>14.631</b>
Varianza Acumulada (%)	<b>36.477</b>	<b>67.869</b>	<b>82.501</b>

\*\*Valor absoluto de  $r > 0.07$ ; \*Valor absoluto de  $r > 0.5$ ; <sup>1</sup>Tratamientos; <sup>2</sup>Carga animal; <sup>3</sup>Periodo de muestreo; <sup>4</sup>Ganancia de peso; <sup>5</sup>Condición corporal; <sup>6</sup>Proteína cruda; <sup>7</sup>Materia orgánica digestible.

El factor dos (F 2) el cual explica el 31.39 por ciento de la varianza total, representado por los tratamientos (T) los cuales tienen una relación negativa con el factor y mantiene una relación positiva con la carga animal, lo que indica que los animales suplementados pastaron a una mayor carga animal que los no suplementados.

El factor tres (F 3) explica el 14.63 por ciento de la varianza total, y esta representado por las variables ganancia de peso (GP), condición corporal (CC) y la materia orgánica digestible (MOD), existiendo una relación negativa con el factor, lo indica que la GP y la CC se incrementa a medida que se mejoró la MOD.

En la Figura 4.4 se presenta la distribución de las variables del F1 y los porcentajes de proteína cruda, los periodos de muestreo 6 y 7 representados

por el grupo A indican que sus niveles de PC son mayores en comparación con los periodos 1, 2, 3, 4 y 5 representados como grupo B. Los cambios de PC se pueden atribuir a la presencia de precipitación, ya que el día 11 de Marzo se presento una precipitación de 13 mm y el día 28 del mismo mes 20 mm, los que proporcionaron humedad suficiente para el rebrote de especies perennes en el agostadero, durante el mes de Abril en los días 5 y 6 la precipitación fue de 16 mm y en los días 14, 15 y 16 fue de 72 mm (CNA, 2002). En la Figura 4.5 se presentan los porcentajes obtenidos por NIRS presentando los incrementos de PC después de los periodos de lluvia.

En la Figura 4.6 se presenta las distribución de la variables en el primer factor y la materia orgánica digestible, presentando el mismo efecto de la PC, dado que el grupo A presenta mayores porcentajes de MOD que los del grupo B. Atribuyéndose el mismo efecto a la precipitación (Figura 4.7).

Fynn *et al.* (2000), evaluaron el efecto de la precipitación sobre los forrajes, encontrando que:

- Los cambios en la composición botánica fueron influenciados fuertemente por la precipitación. Precipitaciones altas promueven el rebrote de los forrajes perennes.
- La precipitación presenta un efecto más marcado en la variabilidad de la producción de forraje.

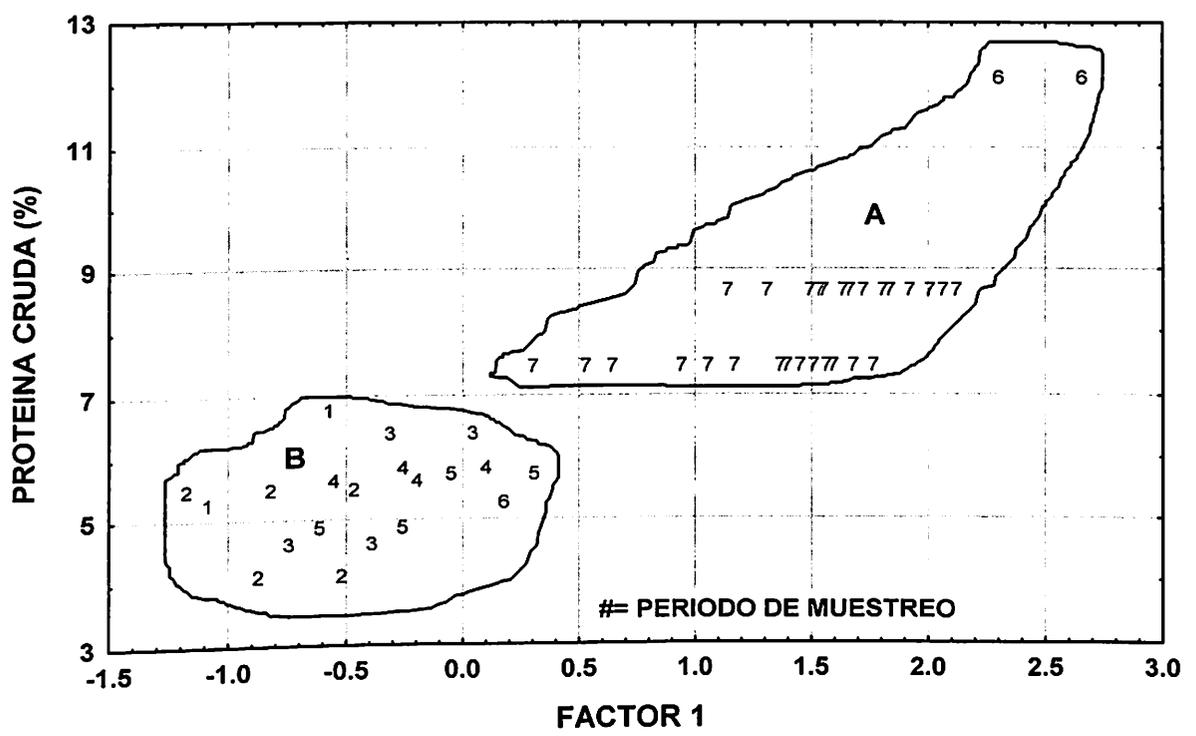


Figura 4.4 Distribución de los eventos de muestreo en el espacio generado por el factor uno y el valor de proteína cruda.

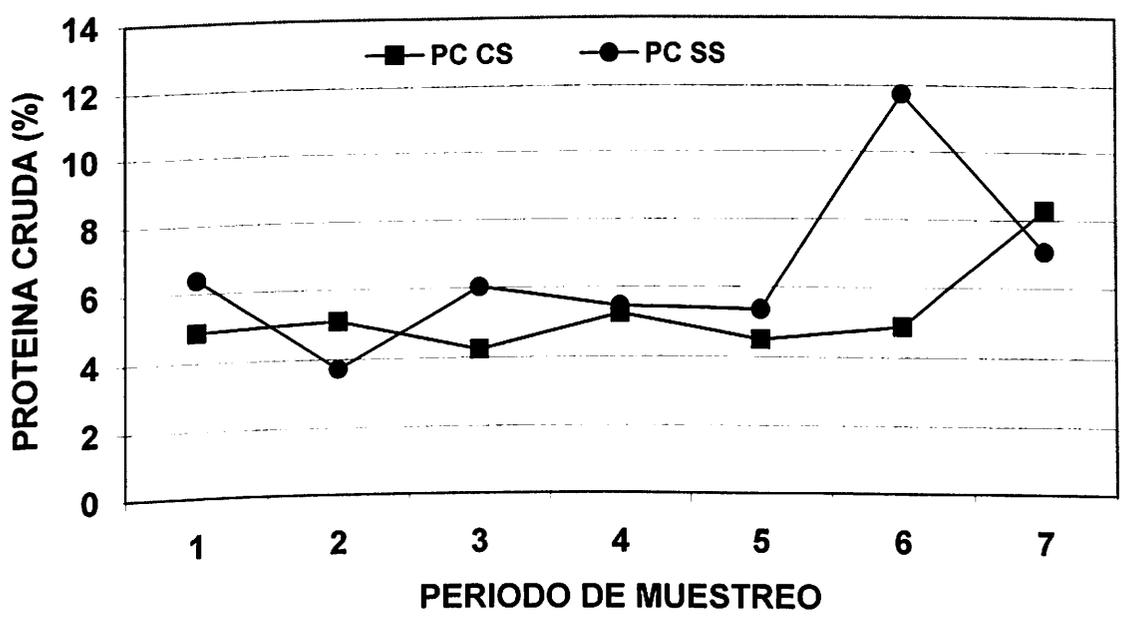


Figura 4.5 Predicción de la proteína cruda durante el periodo de muestreo a través de NIRS.

- La precipitación es un buen previsor del comportamiento de la ganadería, respecto a la ganancia de peso por animal. El comportamiento de la producción animal tiene una relación curvilínea con la precipitación.

Hatch *et al.* (1997), mencionan que la precipitación se relaciona con la ganancia de peso, ya que el efecto del agua sobre los forrajes ayuda a que se incremente la producción de estos.

El Sistema de Espectroscopia de Reflexión Infrarroja detecta cambios en la PC y MOD a través de los periodos de muestreo, por lo que puede ser utilizado como una herramienta para predecir la calidad de la dieta de animales en pastoreo.

Lyons y Stuth (1992) han utilizado el NIRS para predecir la calidad de la dieta en los agostaderos y han desarrollado una ecuación que predice la PC y MOD de la dieta con niveles similares de exactitud a los análisis químicos estándar de laboratorio en base húmeda para el ganado bovino, la cual fue validada en 1995 por Lyons *et al.*, con muestras fecales analizadas por NIRS y muestras extraídas por una cánula esofágica analizadas vía química húmeda, concluyendo que el NIRS puede ser utilizado confiablemente como una herramienta para monitorear la estimación de la calidad de la dieta, dado que los porcentajes de PC y MOD en los dos casos fueron muy similares.

La confiabilidad de las predicciones del NIRS para PC y MOD han sido comprobadas por Pearce *et al.*, (1993), Leite *et al.*, (1994) y Mika *et al.*, (1998).

Lyons *et al.* (1993), en un estudio en el cual evaluaron el efecto del NIRS para predecir la calidad nutritiva de la dieta de vacas suplementadas y no suplementadas, encontraron que en las vacas suplementadas, la predicción PC y MOD presentaron mayor sensibilidad para el NIRS.

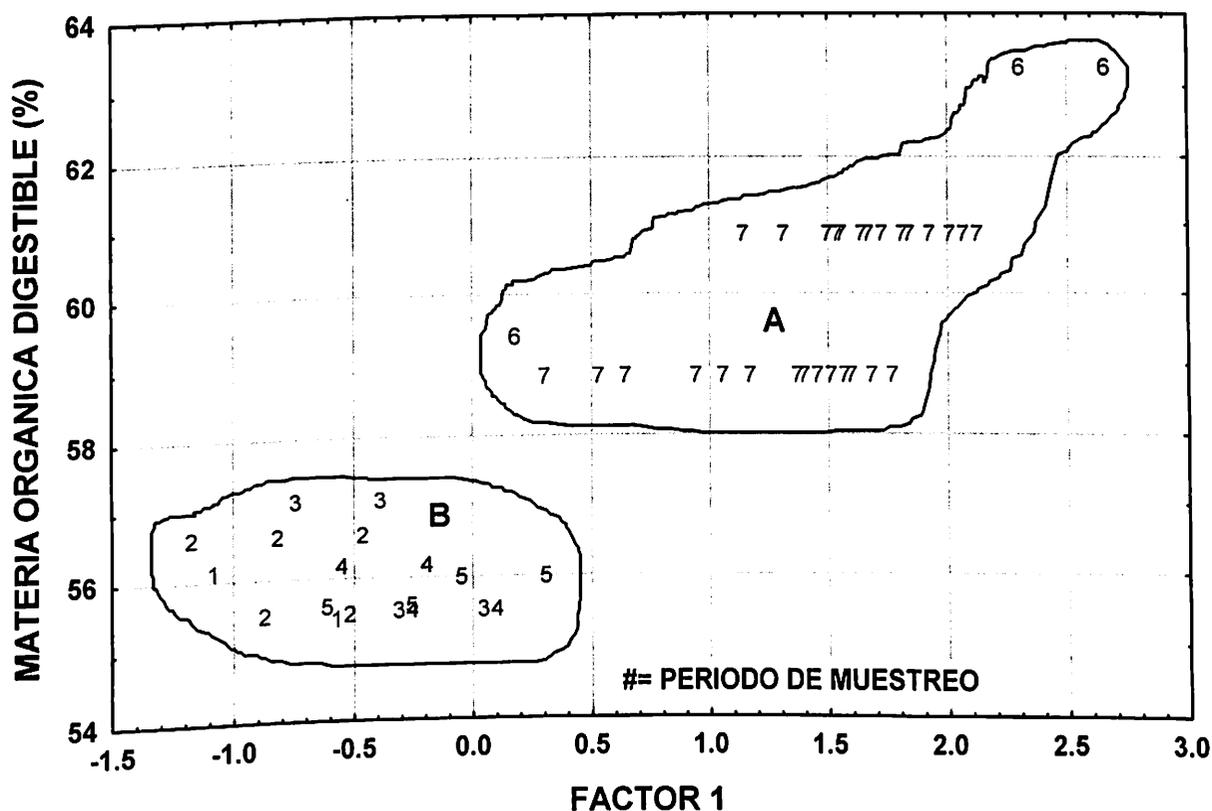


Figura 4.6 Distribución de los eventos de muestreo en el espacio generado por el factor uno y el valor de materia orgánica digestible.

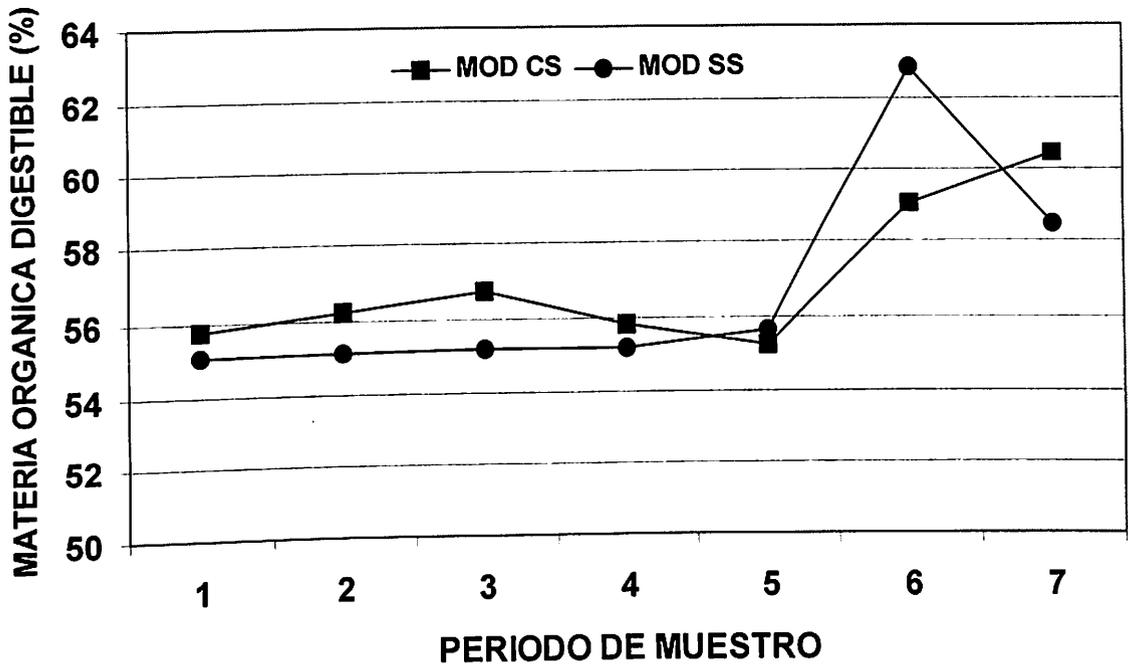


Figura 4.7 Predicción de la materia orgánica digestible durante el periodo de muestreo a través de NIRS.

Steffen (2001), menciona que los ganaderos de Dakota del Sur en USA, han utilizado la predicción de proteína cruda y materia orgánica digestible a través de NIRS para mejorar la eficiencia de sus ranchos en cuanto a kilogramos de carne por hectárea. Dale and Jolley (2001), reportan que el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de California utiliza la predicción de PC y MOD a través de NIRS como una herramienta para la toma de decisiones en el manejo de sus hatos.

Eilers (2002), evaluó el impacto de la utilización de NIRS con ganaderos de USA, encontrando que productores que recibieron siempre o frecuentemente las predicciones de PC y MOD para tomar alguna decisión de manejo de sus

hatos, encuentran en el NIRS una herramienta útil, igualmente el 35 por ciento de los ganaderos reportaron una disminución en los costos de alimentación.

## V CONCLUSIONES

- El efecto de la suplementación proteica en vaquillas en pastoreo en la época de invierno, con respecto a la ganancia de peso y condición corporal, fue nulo, ya que los tratamientos se encontraron bajo cargas animal diferentes.
- El tratamiento SS presento mayor ganancia de peso, lo cual se atribuye al efecto de la carga animal.
- El sistema de espectroscopia de reflexión infrarroja (NIRS) refleja el perfil de la dieta consumida por los animales (agostadero+suplemento, agostadero).
- La precipitación es la variable que más afectó el valor nutritivo de la dieta y por lo tanto el estado nutricional de las vaquillas.

## VI RESUMEN

Se evaluó el efecto de la suplementación proteica en vaquillas en agostadero, y el análisis del perfil nutricional del agostadero utilizando el Sistema de Espectroscopia de Reflexión Infrarroja (NIRS) bajo condiciones comerciales. El estudio se realizó en el rancho La Salada, localizado en el kilómetro 38 de la carretera Zaragoza-Ciudad Acuña en el municipio de Jiménez, Coahuila, México. Se formaron al azar dos grupos (Tratamiento y Control) de 15 animales cada tratamiento, los animales del grupo tratamiento (CS) tuvieron un peso inicial promedio (PI) de 210.5 kg y una condición corporal promedio de 4.0 y el grupo control (SS) un peso inicial promedio de 204.6 kg y una condición corporal promedio de 4.0. Cada grupo fue colocado en un potrero diferente. Los animales fueron aretados para su identificación. Se ofreció al tratamiento CS un kilogramo diario por individuo (base húmeda), durante tres meses, iniciando el día 25 de Enero y concluyendo el 18 de Abril del 2002. El consumo de materia seca promedio fue estimado en 375 g. Se tomó el peso de cada individuo al inicio del estudio, cada mes y al final de este. Así mismo se calificó la condición corporal a cada vaquilla de los dos tratamientos al inicio del estudio, con calificaciones cada 15 días hasta la calificación final.

Las heces fueron colectadas sistemáticamente al inicio del estudio, cada 15 días y al final de este. Estas fueron congeladas y enviadas al laboratorio de servicios de nutrición de animales en pastoreo GanLab (Texas A&M University), para su análisis.

El efecto del tratamiento con la ganancia de peso (GP) y condición corporal (CC) de los dos tratamientos (CS y SS), se analizaron mediante un análisis de varianza (ANVA) con peso inicial como covariable. La proteína cruda (PC), materia orgánica digestible (MOD), se analizaron a través de un ANVA para determinar su efecto sobre los tratamientos. Se realizó una correlación entre las variables T, CA, PM, GP, CC, PC y MOD. Se realizó un análisis de componentes principales donde se incluyeron los tratamientos (T) con las variables carga animal (CA), periodo de muestreo (PM), ganancia de peso (GP), condición corporal (CC), proteína cruda (PC) y materia orgánica digestible (MOD).

Se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.0006$ ) para la variable ganancia de peso (GP) entre las medias de respuesta de los tratamientos utilizando como covariable el peso inicial (PI) a favor del tratamiento SS. Para CC no se encontró diferencia estadística ( $P \geq 0.186$ ). Al analizar la proteína cruda (PC) con los tratamientos a través de un ANVA, presentó diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.0004$ ). La materia orgánica digestible (MOD) no presentó efecto significativo ( $P \geq 0.428$ ).

Se realizó un análisis de componentes principales, los tres componentes explican el 82.50 por ciento de la varianza total. El primer componente (CP 1) explica el 36.47 por ciento y está definido por las variables periodo de muestreo (PM), PC y MOD las cuales tienen una alta relación positiva con el componente. Igualmente al analizar el PM con la PC se encontró un coeficiente de correlación de 0.50, con respecto a la MOD presentan un coeficiente de correlación de 0.68. Los dos análisis indican que a través del periodo de muestreo; el perfil nutricional de las pastas utilizadas presentó cambios positivos en los niveles de PC y MOD. El CP 2 explica el 31.39 por ciento, representado por los tratamientos (T) los cuales tienen una relación negativa con el componente y mantiene una relación positiva con la carga animal (CA), lo que indica que cuando se presentan cambios en la CA se reduce el efecto del T. El CP 3 explica el 14.63 por ciento, representado por GP, CC y la MOD, existiendo una relación negativa con el componente, indicando que la GP y la CC se incrementa a medida que se mejoró la MOD.

Por lo que se concluye que el efecto de la suplementación proteica en vaquillas en pastoreo en la época de invierno, con respecto a la ganancia de peso y condición corporal, fue nulo, ya que los tratamientos se encontraron bajo cargas animal diferentes. El sistema de espectroscopia de reflexión infrarroja (NIRS) determinó el perfil nutricional del agostadero y la precipitación es la variable que más afectó el valor nutritivo de la dieta y por lo tanto el estado nutricional de las vaquillas.

## VII LITERATURA CITADA

- Abrams, S. M., Shenk, J. S., Westerrhaus, M. O., and Barto II, F. E. 1987.** Determination of forage quality by near infrared reflectance spectroscopy: Efficacy of broad-based calibration equations. *J. Dairy Sci.* 70:806-813.
- Ackerman, C. J., Purvis, H. T., Horn, G. W., Paisley, S. I., Reuter, R. R. and Bodine, T. N. 2001.** Performance of light vs heavy steers grazing Plains Old World bluestem at three stocking rates. *J. Anim. Sci.* 79:493-499.
- Alderton, B. W., Hixon, D. L., Hess, B. W. Woodard, L. F. Halford, D. M., and Moss, G. E. 2000.** Effects of supplemental protein type on productivity of primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 78:3027-3035.
- Anderson, S. J. Klopfenstein, T. J., and Wilkerson, V. A. 1988.** escape protein supplementation of yearling steers grazing smooth brome pastures. *J. Anim. Sci.* 66:237-242.
- Bearden, H. J. y Fuquay, J. W. 1983.** Reproducción animal aplicada. Primera edición. Editorial El Manual Moderno. México. Pp 358.
- Bloomfield, R. A., G. G. Garner, and M. E. Muhrer. 1960.** Kinetics of urea metabolism in sheep. *J. Anim. Sci.* 19:1248.
- Brooks III, J. M, anderson, M., and Urness, P. J. 1984.** Infrared reflectance analysis of forage quality for elk. *J. Wildl. Manage.* 48:254.
- COTECOCA. 1979.** Coeficientes de los agostadero de Coahuila. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Pp 34-35.
- Chalupa, W. 1968.** Problems in feeding urea to ruminants. *J. Anim. Sci.* 27:207-219.
- Clanton, D.C., and D.R. Zimmerman. 1970.** Symposium on pasture methods for maximum production in beef cattle: Protein and energy requirements for female beef cattle. *J. Anim. Sci.* 30:122-132.
- Chávez, R. G. 1995.** Consumo voluntario de forraje de rumiantes en libre pastoreo. Memorias: Curso taller Internacional, Consumo voluntario de alimento. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. Pp 70-79.

- Church, D. C. and Santos, A.** 1981. Effect of graded levels of soybean meal and of a nonprotein nitrogen-molasses supplement on consumption and digestibility of wheat straw. *J. Anim. Sci.* 65:1069-1615.
- Church, D. C., Pond, W. G. y Pond, K.R.** 2002. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Segunda edición. Editorial Liumusa. D. F. México. Pp 348-349.
- Coleman, S. W., Holllway, J. W., and Stuth, J. W.** 1989. Monitoring the nutrition of grazing cattle with near infrared analysis of feces. XVI Internat. Grassl. Congr. 26:881. Nice, France.
- CNA, Comisión Nacional del Agua.** 2002. Estación Climatológica de Zaragoza. Gerencia Estatal en Coahuila; Subgerencia de Ingeniería y Apoyo Técnico; Depto. de Hidrometría y Climatología.
- Dale, C. and Jolley, L.** 2001. NRCS uses a rapid nutritional monitoring System for free-ranging livestock. <http://cnrit.tamu.edu/ganlab/index.htm>.
- DelCurto, T. R. C., Cochran, R. C., Harmon, D. L., Beharka, A. A., Jacques, K. A., Towne, G., and Vanzant, E. S.** 1990<sup>a</sup>. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: I. Influence of varying supplemental protein and (or) energy levels on forage utilization characteristic of beef stters in confinement. *J. Anim. Sci.* 68:515-531.
- DelCurto, T. R. C., Cochran, R. C., Corah, L. R., Beharka, A. A., Vanzant, E. S., and Johnson, D. E.** 1990<sup>b</sup>. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: II Performance and forage utilization characteristics in grazing beef cattle receiving supplements of different protein concentrations. *J. Anim. Sci.* 68:532-542.
- DelCurto, T. Hess, B. W., Huston, J. E. and Olson, K. C.** 2000. Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States. *J. Anim. Sci.*
- Eilers, J.** 2002. A survey analysis of the use of NIRS/Nutbal to assess the nutritional requirements of free-ranging herbivore. <http://cnrit.tamu.edu/ganlab/index.htm>.
- Fierro, L. C.** 1977. Suplementación de bovinos en pastoreo. Pastizales. Rancho experimental La Campana. INIP-SAG. México. 8(4):22-24.
- Fleck, A. T., Lusby, K. S., Owens, F. N., and McCollum, F. T.** 1988. Effects of corn gluten feed of forage intake, disgetibility and ruminal parameters of cattle fed native grass hay. *J. Anim. Sci.* 66: 750-757.

- Fynn, R. W. S., and Oconnor, T. G.** 2000. Effect of stocking rate and rainfall on rangeland dynamics and cattle performance in a semi-arid savanna, South Africa. *J. Applied Ecology*. 37;491-507.
- García, E.** 1973. Modificación del sistema de clasificación climática de Koeppen Editorial UNAM. México. Pp 28.
- García, E. R.** 1990. Suplementación de bovinos en agostadero. Memorias Seminario de Ganado Bovino productor de carne. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamaulipas. México. Pp 16-23.
- García, E. R.** 1992. Suplementación alimenticia de bovinos de carne en agostadero. Memorias Seminario sobre Bovino de carne. Departamento de Producción Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp. 45-61.
- García, E. R. y López T. R.** 1998. Programa de manejo en el rancho "Los Angeles", Saltillo, Coahuila. Resúmenes XIII Congreso Nacional de Pastizales. Aguascalientes, Aguascalientes, México. Pp 87-100.
- Greer, R. C., Whitman, R. W., Sraigmiller, R. B., and Anderson, D. C.** 1983. Estimating the impact of management decision on the occurrence of puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 5: 30-39
- Gillen, R. L., McCollum, F. T., Tate, W. K., and Hodges, M. E.** 1998. Tallgrass prairie response to grazing system and stocking rate. *J. Range Manage.* 51;139-146.
- González, V. E. A., Ortega, S. J. A. y Ávila, C. J. M.** 1999. Manejo de la carga animal y su importancia en la ganadería. Programa: Forrajes y Pastizales de C. E. Aldama-INIFAP-SAGAR. Aldama, Tamaulipas, México.
- Gutiérrez, A.** 1971. Evaluación de la suplementación alimenticia en becerros lactantes en pastoreo. Rancho experimental La Campana. INIP-SAG. México. 2(5): 12.
- Gutiérrez, A. J. L.** 1991. Nutrición de rumiantes en pastoreo. Colección Textos Universitarios. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chih. Pp 57, 202, 238.
- Gutiérrez, O. E.** 1995. Suplementación de rumiantes en pastoreo con energía y proteína. Memorias: Curso taller Internacional, Consumo voluntario de alimento. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. Pp 218-225.

- Hanselka, C. W., González, E. V., White, L. D. y Ortega A. S.** 2002. Producción de ganado en equilibrio con el potencial de los recursos naturales en el Noreste de México y Sur de Texas. Memorias del Simposium-Taller: aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en el Noreste de México y Sur de Texas. Pp 3-12.
- Hatch, G. P., and Tainton, N. M.** 1997. The influence of stocking-rate, range condition and rainfall on seasonal beef production patterns in the semi-arid savanna of KwaZulu-Natal. *South African J. Ani. Sci.* 27; 50-54.
- Herd, D. B., and Sprott, L. R.** 1986. Body condition, nutrition and reproduction of beef cows. Extension beef cattle. Texas A&M University System.
- Hess, B. W., Park, K. K., Krysl, M. B., Judkins, B. A. McCracken, and Hamks, D. R.** 1994. Supplemental protein for beef cattle grazing dormant intermediate wheatgrass pasture: Effects on nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, grazing behaviour, ruminal fermentation, and digestion. *J. Anim. Sci.* 72:2113-2123.
- Hodgson, J., Tayler, J. C., and Lonsdale, C. R.** 1971. The relationship between intensity of grazing and the herbage consumption and growth of calves. *J. Br. Grassland Soc.* 26:231-237.
- Holechek, I. J., Shenk, S. J., Vavra, M., and Arthun, D.** 1982. Prediction of forage quality using near infrared reflectance spectroscopy on esophageal fistula samples from cattle on mountain range. *J. Anim. Sci.* 55:971-975.
- 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. Huston, Texas.
- Huston, J. E., Thompso, P. V., and Taylor Jr., C. A.** 1993. Combined effects of stoking rate and supplemental feeding level on adult beef cows grazing native rangeland in Texas. *J. Anim. Sci.* 71:3458-3465.
- Judkins, M. B., Wallace, J. D., Gaylean, M. L., Krysl, L. J., and Parker, E. E.** 1987. Passage rates, rumen fermentation and weight change in protein supplemented grazing cattle. *J. Range Manage.* 40:100-104.
- Kartchner, R. J.** 1980. Effects of protein and energy supplementation of cows grazing native winter range forage on intake and digestibility. *J. Anim. Sci.* 51:432.

- Kunkle**, W. E., Sand, R. S., and Garcés, P. Y. S/F. Aplicación de nuevas estrategias para el desarrollo de vaquillas. Universidad de Florida. Pp 75-92.
- Johs**, S. Pitts, F. T. McCollum, F. T., and Britton, C. M. 1992. Protein supplementation of steers grazing tobosa-grass in spring and summer. *J. Range Manage.* 45:226-231.
- Kawas**, J. J. 1995. Factores que afectan el consumo voluntario de forrajes por bovinos en pastoreo. Memorias: Curso taller Internacional, Consumo voluntario de alimento. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. Pp 58-63.
- Krysl**, L. J., and Hess, B. W. 1993. Influence of supplementation on behaviour of grazing cattle. *J. Anim. Sci.* 71:2546-2555.
- Le Du**, Y. L. P., Baker, R. D., and Newberry, R. D. 1981. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. The effect of grazing severity under continuous stocking. *J. Grass Forage Sci.* 36:307-318.
- Leite**, E. R., and Stuth, J. W. 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.
- Lippke**, H., Forbes, T. D. A., and Ellis, W. C. 2000. Effect of supplements on growth and forage intake by stocker steers grazing wheat pasture. *J. Anim. Sci.* 78: 1625-1635.
- Lyons**, R. K., and Manchen, R. V. 2001. Using body condition scores to manage range cows and rangeland. Extension Livestock, Texas A&M University System.
- Lyons**, R. K., Stuth, J. W., and Angerer, J. P. 1995. Technical note: Fecal NIRS equation field validation. *J. Range Manage.* 48:380-382.
- Lyons**, R. K. 1990. Fecal indices of nutritional status of free-ranging cattle using near infrared reflectance spectroscopy. Ph. D. Diss. Texas A&M UNIV., College Station.
- Lyons**, R. K., and Stuth, W. J. 1992. Fecal NIRS equations for predicting diet quality of free-ranging cattle. *J. Range Manage.* 45:238-244.
- Lyons**, R. K., and Stuth, W. J. 1991. Procedures for processing cattle fecal samples for NIRS analysis. *Anim. Feed and Technol.* 35:21.

- Mathis**, C. P., Cochran, R. C., Heldt, J. S. Woods, B. C., Addelgadir, I. E. O., Olson, K. C., Titgemeyer, E. C., and Vanzant, E. S. 2000. Effects of supplemental degradable intake protein on utilization of medium- to low-quality forages. *J. Anim. Sci.* 78:224-232.
- McCullum**, F. T., Gillen, R. L., Karges, B. R., and Hodges, M. E. 1999. Stocker cattle response to grazing management in tallgrass prairie. *J. Range Manage.* 52:120-126.
- Mika**, V., Smital, F., and Nerusil, P. 1998. Prediction of botanical composition of grasslands using spectroscopy in near infrared region (NIRS). *Rostlinna Vyroba*,44;245-249.
- Norris**, K. H., Arnes, R. F., Moore, J. E., and Shenk, J. S. 1976. Predicting forage quality by near infrared reflectance spectroscopy. *J. Anim. Sci.* 43:889-897.
- Nuplen**, 2002. Informe de análisis químico del suplemento proteico. Laboratorio Nuplen. Gómez Palacio Durango.
- Ochoa**, O. C., Villalobos, G. V., Gutiérrez, J. L. y Arredondo, J. J. 1986. Suplementación de vaquillas productoras de carne para reemplazo. TESEACHIC. Facultad de Zootecnia. UACH. México. Pp 5-16.
- Oltjen**, R. R., Burns, W. C., and Ammermen, C. B. 1974. Biuret versus urea and cottonseed meal for wintering and finishing steers. *J. Anim. Sci.* 38:975-984.
- Ortega**, S. J. A. y González, V. E. A. 1998. Nutrición animal en pastoreo en el Noreste de México. Memorias: Taller de Ganadería Bovina. Cd. Victoria, Tamaulipas México. Pp 65-73.
- Pearce**, R. A., Lyons, R. K., and Stuth, J. W. 1993. Influence of handling methods evaluations on fecal NIRS. *J. Range Manage.* 46;:274-276.
- Pinney**, D. O., Varner, L. W., and Pope, L. S. 1972. Lifetime effects of winter supplemental feed level and age at first parturition on range beef cows. *J. Anim. Sci.* 34:1067-1074.
- Raleigh**, R. J., and Lesperance, A. L. 1978. Range cattle nutrition. In Church, D. C. 1978. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Vol. 3. Practical Nutrition. Ed. O & B Books. USA.
- Raleigh**, R. J. and H. A. Turner. 1968. Biuret and urea in range cattle supplements. *Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci.* 19:301-305.

- Redmon, L. A., McCollum III, F. T., Horn, G. W., Cravey, M. D., Gunter, S. A., Beck, P. A., Mieres, J. M., and San Julian, R.** 1995. Forage intake by beef steers grazing winter wheat with varied herbage allowances. *J. Range Manage.*48:198-201.
- Revidatti, M. A., Capellari, A., Coppo, N. B., Coppo, J. A. y Prieto, P. N.** 2002. Cambios del peso vivo y condición corporal en vacas suplementadas con residuos cítricos durante dos inviernos consecutivos en Corrientes. Facultad de Ciencias Veterinarias, UNNE. Corrientes, Argentina.
- Riewe, M. E., Smith, J. C., Jones, J. H., and Holt, E. C.**1963. Grazing production curves. I. Comparison of steer gains on Gulf ryegrass and tall fescue. *J. Agron.* 55:367-372.
- Riquelme, V. E.** 1987. Suplementación energética para bovinos en pastoreo. Seminario internacional: Suplementación para bovinos en pastoreo. Centro de ganadería. Colegio de Posgraduados. México. Pp 15-56.
- Rodríguez, L. E., Gonzáles, H. y García, M. G.** 1998. Sistemas de producción de ganado bovino en el Noreste de México. Memorias: Taller de Ganadería Bovina. Cd. Victoria, Tamaulipas México. Pp 7-22.
- Rush, I. G., and Totusek, R.** 1976. Supplemental value of feed-grade biuret and urea molasses for cows on dry winter grass. *J. Anim. Sci.* 42:497-505.
- Ruyle, G. R.** 1990. Consideraciones sobre el manejo del pastoreo por el ganado en Arizona. Memorias de los festejos conmemorativos del 20 aniversario del CIPES.
- Selk, G. E., and Lusby, K. S.** 1990. The management of beef cattle for efficient reproduction. E-888869. Cooperative Extension Service. Oklahoma State University. Pp 22.
- Shenk, S. J., Westerhaus, M. O., and Hoover, M. R.** 1979. Analysis of forages by infrared reflectance. *J. Dairy Sci.* 62: 807-812.
- Statistica.** 1998. Statistica for Windows (ver. '98) StatSoft, Inc. Tulsa, Ok, USA.
- Steffen, D.** 2001. NUTBAL & fecal sampling—prediction of performance. <http://cnrit.tamu.edu/ganlab/index.htm>.
- Stuth, W. J., Kapes, E. D., and Lyons, R. K.** 1989. Use of near infrared spectroscopy to assess nutritive status of cattle diets on rangeland. *Internat. Grassl. Congr.* 26:889. Nice, France.

- Stuth, W. J.** 1998. Nutrición de vacas adultas en la zona de matorrales del sur de Texas: NIR/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.
- Stuth, J. W., Dyke, P. Jama, A. A., and Corbett, J.** 2001. The use of NIR/NUTBAL, PHYGROW, and APEX in a meta-modeling environment for Early Warning system to monitor livestock nutrition and health. Texas A&M University System.
- Tolleson, D.** 2001. The application of NIRS in range and animal sciences. <http://cnrit.tamu.edu/ganlab/index.htm>.
- Vázquez, A. R.** 1992. Plantas de pastizales del Rancho La Salada. Jiménez, Coahuila ,México.
- Wallace, J. D.** 1987. Supplemental feeding options to improve livestock efficiency on rangelands. In: White, R. S., and Short, R. E. (ed.) Fort Keogh Res. Symp.: achieving Efficient Use of Rangeland Resources. Montana agric. Exp. Sta., Bozeman pp. 92-100.
- Ward, R. G., Smith, G. S., Wallace, J. D., Urquhart, N. S., and Shenk J. S.** 1982. Estimates of intake and quality of grazed range forage by near infrared reflectance spectroscopy. *J. Anim. Sci.* 54: 399-402.
- Winder, J. A., Bailey, C. C., Thomas, M., and Holechek, J.** 2000. Breed and stocking rate effects on Chihuahuan Desert cattle production. *J. Range Manage.* 53:32-38.
- Williams, D. L., Whiteman, J. V., and Tillman, A. D.** 1969. Urea utilization in protein supplements for cattle consuming poor quality roughages on the range. *J. Anim. Sci.* 28:807-812.
- Willms, W. D., Rode, L. M., and Freeze, B. S.** 1998. Protein supplementation to enhance the performance of pregnant cows on rough fescue grasslands in winter. *Canadian J. Anim. Sci.* 78:89-94.
- Worrell, M. A., Undersander, D. J., Thompson, C. E., and Bridges Jr., W. C.** 1990. Effects of time of season and cottonseed meal and lasalocid supplementation on steers grazing rye pastures. *J. Anim. Sci.* 68:1151-1157.

# A P É N D I C E A

## **Matriz de correlación**

## A.1 Matriz de correlaciones de las variables evaluadas.

	T <sup>1a</sup>	CA <sup>2a</sup>	PM <sup>3a</sup>	GP <sup>4b</sup>	CC <sup>5b</sup>	PC <sup>6a</sup>	MOD <sup>7a</sup>
T	1.0	-1.0*	-.00	-.20*	-.09	-.31*	.05
CA	-1.0*	1.0	.00	.20*	.09	.31*	-.05
PM	-.0	.0	1.00	-.17*	-.33*	.50*	.68*
GP	-.20*	.20*	-.17*	1.0	.33*	-.16*	-.22*
CC	-.1	.1	-.33*	.33*	1.0	-.14*	-.18*
PC	-.3*	.3*	.50*	-.16*	-.14*	1.00	.82*
MOD	.1	-.1	.68*	-.22*	-.18*	.82*	1.00

\*( $P \leq 0.05$ ); <sup>1</sup>Tratamientos; <sup>2</sup>Carga animal; <sup>3</sup>Periodo de muestreo; <sup>4</sup>Ganancia de peso; <sup>5</sup>Condicion corporal; <sup>6</sup>Proteína cruda; <sup>7</sup>Materia orgánica digestible; <sup>a</sup>Variable independiente; <sup>b</sup>Variable dependiente.

## **A P E N D I C E   B**

Matriz de datos

## B.1 Matriz de datos para el tratamiento CS.

ID	T	CA	PM	PESO	CP	GP	CC	CCC	PC	MOD
122	1	2,85	1	200	0	0	4	0	4,88	55,75
122	1	2,85	2	208,5	8,5	0	3,5	-0,5	5,11	56,23
122	1	2,85	3	217	8,5	0	4	0,5	4,23	56,73
122	1	2,85	4	213	-4	0	4	0	5,25	55,8
122	1	2,85	5	209	-4	0	4	0	4,49	55,23
122	1	2,85	6	197,5	-11,5	0	4	0	4,89	59,03
122	1	2,85	7	186	-11,5	-14	4	0	8,28	60,49
124	1	2,85	1	230	0	0	4	0	4,88	55,75
124	1	2,85	2	242,5	12,5	0	4	0	5,11	56,23
124	1	2,85	3	255	12,5	0	4	0	4,23	56,73
124	1	2,85	4	243	-12	0	4	0	5,25	55,8
124	1	2,85	5	231	-12	0	4	0	4,49	55,23
124	1	2,85	6	230,5	-0,5	0	4	0	4,89	59,03
124	1	2,85	7	230	-0,5	0	4	0	8,28	60,49
129	1	2,85	1	222	0	0	4	0	4,88	55,75
129	1	2,85	2	228,5	6,5	0	4	0	5,11	56,23
129	1	2,85	3	235	6,5	0	4	0	4,23	56,73
129	1	2,85	4	226,5	-8,5	0	4	0	5,25	55,8
129	1	2,85	5	218	-8,5	0	4	0	4,49	55,23
129	1	2,85	6	214	-4	0	4	0	4,89	59,03
129	1	2,85	7	210	-4	-12	3,5	-0,5	8,28	60,49
130	1	2,85	1	193	-17	0	4	0	4,88	55,75
130	1	2,85	2	199	6	0	3,5	-0,5	5,11	56,23
130	1	2,85	3	205	6	0	4	0,5	4,23	56,73
130	1	2,85	4	197,5	-7,5	0	3,5	-0,5	5,25	55,8
130	1	2,85	5	190	-7,5	0	3,5	0	4,49	55,23
130	1	2,85	6	190,5	0,5	0	4	0,5	4,89	59,03

130	12,85	7	191	0,5	-2	3,5	-0,5	8,28	60,49
131	12,85	1	203	0	0	4	0	4,88	55,75
131	12,85	2	204	1	0	4	0	5,11	56,23
131	12,85	3	205	1	0	4	0	4,23	56,73
131	12,85	4	200	-5	0	4	0	5,25	55,8
131	12,85	5	195	-5	0	4	0	4,49	55,23
131	12,85	6	190	-5	0	4	0	4,89	59,03
131	12,85	7	185	-5	-18	3,5	-0,5	8,28	60,49
132	12,85	1	205	0	0	4	0	4,88	55,75
132	12,85	2	215	10	0	3,5	-0,5	5,11	56,23
132	12,85	3	225	10	0	4	0,5	4,23	56,73
132	12,85	4	215	-10	0	3,5	-0,5	5,25	55,8
132	12,85	5	205	-10	0	4	0,5	4,49	55,23
132	12,85	6	205	0	0	4	0	4,89	59,03
132	12,85	7	205	0	0	3,5	-0,5	8,28	60,49
140	12,85	1	218	0	0	4	0	4,88	55,75
140	12,85	2	218	0	0	4,5	0,5	5,11	56,23
140	12,85	3	218	0	0	4	-0,5	4,23	56,73
140	12,85	4	219	1	0	4	0	5,25	55,8
140	12,85	5	220	1	0	3,5	-0,5	4,49	55,23
140	12,85	6	211,5	-8,5	0	4	0,5	4,89	59,03
140	12,85	7	203	-8,5	-15	3,5	-0,5	8,28	60,49
141	12,85	1	230	0	0	4	0	4,88	55,75
141	12,85	2	242	12	0	4	0	5,11	56,23
141	12,85	3	254	12	0	4	0	4,23	56,73
141	12,85	4	247,5	-6,5	0	4	0	5,25	55,8
141	12,85	5	241	-6,5	0	4	0	4,49	55,23
141	12,85	6	231,5	-9,5	0	4	0	4,89	59,03
141	12,85	7	222	-9,5	-8	3,5	-0,5	8,28	60,49
142	12,85	1	197	0	0	4	0	4,88	55,75

142	12,85	2	200	3	0	3,5	-0,5	5,11	56,23
142	12,85	3	203	3	0	4	0,5	4,23	56,73
142	12,85	4	198	-5	0	4	0	5,25	55,8
142	12,85	5	193	-5	0	3,5	-0,5	4,49	55,23
142	12,85	6	192	-1	0	4	0,5	4,89	59,03
142	12,85	7	191	-1	-6	3,5	-0,5	8,28	60,49
143	12,85	1	206	0	0	4	0	4,88	55,75
143	12,85	2	224,5	18,5	0	3,5	-0,5	5,11	56,23
143	12,85	3	243	18,5	0	4	0,5	4,23	56,73
143	12,85	4	230,5	-12,5	0	4	0	5,25	55,8
143	12,85	5	218	-12,5	0	4	0	4,49	55,23
143	12,85	6	206	-12	0	4	0	4,89	59,03
143	12,85	7	194	-12	-12	3,5	-0,5	8,28	60,49
144	12,85	1	232	0	0	4	0	4,88	55,75
144	12,85	2	217,5	-14,5	0	3,5	-0,5	5,11	56,23
144	12,85	3	203	-14,5	0	3,5	0	4,23	56,73
144	12,85	4	217	14	0	4	0,5	5,25	55,8
144	12,85	5	231	14	0	4	0	4,49	55,23
144	12,85	6	220,5	-10,5	0	4	0	4,89	59,03
144	12,85	7	210	-10,5	-22	3,5	-0,5	8,28	60,49
145	12,85	1	215	0	0	4	0	4,88	55,75
145	12,85	2	219,5	4,5	0	4	0	5,11	56,23
145	12,85	3	224	4,5	0	4	0	4,23	56,73
145	12,85	4	217	-7	0	4	0	5,25	55,8
145	12,85	5	210	-7	0	4	0	4,49	55,23
145	12,85	6	202,5	-7,5	0	4	0	4,89	59,03
145	12,85	7	195	-7,5	-20	3,5	-0,5	8,28	60,49
146	12,85	1	180	0	0	4	0	4,88	55,75
146	12,85	2	211,5	31,5	0	4	0	5,11	56,23
146	12,85	3	243	31,5	0	3,5	-0,5	4,23	56,73

146	1	2,85	4	210,5	-32,5	0	4	0,5	5,25	55,8
146	1	2,85	5	178	-32,5	0	4	0	4,49	55,23
146	1	2,85	6	176,5	-1,5	0	4	0	4,89	59,03
146	1	2,85	7	175	-1,5	-5	3,5	-0,5	8,28	60,49
Blan	1	2,85	1	212	0	0	4	0	4,88	55,75
Blan	1	2,85	2	215	3	0	3,5	-0,5	5,11	56,23
Blan	1	2,85	3	218	3	0	4	0,5	4,23	56,73
Blan	1	2,85	4	212	-6	0	4	0	5,25	55,8
Blan	1	2,85	5	206	-6	0	3,5	-0,5	4,49	55,23
Blan	1	2,85	6	203,5	-2,5	0	4	0,5	4,89	59,03
Blan	1	2,85	7	201	-2,5	-11	3,5	-0,5	8,28	60,49
Roja	1	2,85	1	214	0	0	4	0	4,88	55,75
Roja	1	2,85	2	215,5	1,5	0	4	0	5,11	56,23
Roja	1	2,85	3	217	1,5	0	3,5	-0,5	4,23	56,73
Roja	1	2,85	4	209	-8	0	3,5	0	5,25	55,8
Roja	1	2,85	5	201	-8	0	4	0,5	4,49	55,23
Roja	1	2,85	6	204,5	3,5	0	4	0	4,89	59,03
Roja	1	2,85	7	208	3,5	-6	4	0	8,28	60,49

## B.2 Matriz de datos para el tratamientos SS.

ID	T	CA	PM	PESO	CP	GP	CCA	CCC	PC	MOD
121	0	23,8	1	191	0	0	4	0	6,39	55,05
121	0	23,8	2	206,5	15,5	0	4	0	3,72	55,12
121	0	23,8	3	222	15,5	0	4	0	6,02	55,16
121	0	23,8	4	202	-20	0	4	0	5,46	55,16
121	0	23,8	5	182	-20	0	4	0	5,36	55,62
121	0	23,8	6	183,5	1,5	0	4	0	11,74	62,89
121	0	23,8	7	185	1,5	-6	3,5	-0,5	7,08	58,47
123	0	23,8	1	215	0	0	4	0	6,39	55,05
123	0	23,8	2	220,5	5,5	0	4	0	3,72	55,12
123	0	23,8	3	226	5,5	0	4	0	6,02	55,16
123	0	23,8	4	216	-10	0	4	0	5,46	55,16
123	0	23,8	5	206	-10	0	4	0	5,36	55,62
123	0	23,8	6	210	4	0	4	0	11,74	62,89
123	0	23,8	7	214	4	-1	3,5	-0,5	7,08	58,47
125	0	23,8	1	192	0	0	4	0	6,39	55,05
125	0	23,8	2	197,5	5,5	0	4	0	3,72	55,12
125	0	23,8	3	203	5,5	0	4	0	6,02	55,16
125	0	23,8	4	204	1	0	4	0	5,46	55,16
125	0	23,8	5	205	1	0	4	0	5,36	55,62
125	0	23,8	6	204,5	-0,5	0	4	0	11,74	62,89
125	0	23,8	7	204	-0,5	-12	3,5	-0,5	7,08	58,47
126	0	23,8	1	203	0	0	4	0	6,39	55,05
126	0	23,8	2	210	7	0	4	0	3,72	55,12
126	0	23,8	3	217	7	0	4	0	6,02	55,16
126	0	23,8	4	207	-10	0	4	0	5,46	55,16
126	0	23,8	5	197	-10	0	4	0	5,36	55,62
126	0	23,8	6	206	9	0	4	0	11,74	62,89

126	023,8	7	215	9	12	4	0	7,08	58,47
127	023,8	1	202	0	0	4	0	6,39	55,05
127	023,8	2	206	4	0	4	0	3,72	55,12
127	023,8	3	210	4	0	4	0	6,02	55,16
127	023,8	4	207,5	-2,5	0	4	0	5,46	55,16
127	023,8	5	205	-2,5	0	4	0	5,36	55,62
127	023,8	6	208,5	3,5	0	4	0	11,74	62,89
127	023,8	7	212	3,5	10	3,5	-0,5	7,08	58,47
128	023,8	1	209	0	0	4	0	6,39	55,05
128	023,8	2	217,5	8,5	0	4	0	3,72	55,12
128	023,8	3	225	7,5	0	4	0	6,02	55,16
128	023,8	4	220	-5	0	4	0	5,46	55,16
128	023,8	5	215	-5	0	4	0	5,36	55,62
128	023,8	6	220	5	0	4	0	11,74	62,89
128	023,8	7	225	5	16	4	0	7,08	58,47
133	023,8	1	210	0	0	4	0	6,39	55,05
133	023,8	2	217,5	7,5	0	4	0	3,72	55,12
133	023,8	3	225	7,5	0	4	0	6,02	55,16
133	023,8	4	223,5	-1,5	0	4	0	5,46	55,16
133	023,8	5	222	-1,5	0	3,5	-0,5	5,36	55,62
133	023,8	6	224	2	0	4	0,5	11,74	62,89
133	023,8	7	226	2	16	4	0	7,08	58,47
134	023,8	1	210	0	0	4	0	6,39	55,05
134	023,8	2	212,5	2,5	0	4	0	3,72	55,12
134	023,8	3	215	2,5	0	3,5	-0,5	6,02	55,16
134	023,8	4	214	-1	0	4	0,5	5,46	55,16
134	023,8	5	213	-1	0	4	0	5,36	55,62
134	023,8	6	209,5	-3,5	0	4	0	11,74	62,89
134	023,8	7	206	-3,5	-4	3,5	-0,5	7,08	58,47

135	023,8	1	191	0	0	4	0	6,39	55,05
135	023,8	2	193	2	0	4	0	3,72	55,12
135	023,8	3	195	2	0	3,5	-0,5	6,02	55,16
135	023,8	4	193	-2	0	3,5	0	5,46	55,16
135	023,8	5	191	-2	0	4	0,5	5,36	55,62
135	023,8	6	190,5	-0,5	0	4	0	11,74	62,89
135	023,8	7	189	-1,5	-2	3,5	-0,5	7,08	58,47
136	023,8	1	211	0	0	4	0	6,39	55,05
136	023,8	2	210,5	-0,5	0	4	0	3,72	55,12
136	023,8	3	210	-0,5	0	4	0	6,02	55,16
136	023,8	4	205	-5	0	4	0	5,46	55,16
136	023,8	5	200	-5	0	4	0	5,36	55,62
136	023,8	6	201	1	0	4	0	11,74	62,89
136	023,8	7	202	1	-9	3,5	-0,5	7,08	58,47
137	023,8	1	192	0	0	4	0	6,39	55,05
137	023,8	2	198	6	0	4	0	3,72	55,12
137	023,8	3	204	6	0	4	0	6,02	55,16
137	023,8	4	198	-6	0	4	0	5,46	55,16
137	023,8	5	192	-6	0	4	0	5,36	55,62
137	023,8	6	195	3	0	4	0	11,74	62,89
137	023,8	7	198	3	6	3,5	-0,5	7,08	58,47
138	023,8	1	200	0	0	4	0	6,39	55,05
138	023,8	2	18,5	-15	0	4	0	3,72	55,12
138	023,8	3	197	12	0	4	0	6,02	55,16
138	023,8	4	193,5	-3,5	0	4	0	5,46	55,16
138	023,8	5	190	-3,5	0	4	0	5,36	55,62
138	023,8	6	187,5	-2,5	0	4	0	11,74	62,89
138	023,8	7	185	-2,5	-15	3,5	-0,5	7,08	58,47
139	023,8	1	223	0	0	4	0	6,39	55,05

139	0	23,8	2	228	5	0	4	0	3,72	55,12
139	0	23,8	3	234	6	0	4	0	6,02	55,16
139	0	23,8	4	227	-7	0	4	0	5,46	55,16
139	0	23,8	5	220	-7	0	4	0	5,36	55,62
139	0	23,8	6	233,5	13,5	0	4	0	11,74	62,89
139	0	23,8	7	247	13,5	24	4	0	7,08	58,47
Valla	0	23,8	1	243	0	0	4	0	6,39	55,05
Valla	0	23,8	2	246,5	3,5	0	4	0	3,72	55,12
Valla	0	23,8	3	250	3,5	0	4	0	6,02	55,16
Valla	0	23,8	4	238	-12	0	4	0	5,46	55,16
Valla	0	23,8	5	226	-12	0	3,5	-0,5	5,36	55,62
Valla	0	23,8	6	230,5	4,5	0	4	0,5	11,74	62,89
Valla	0	23,8	7	235	4,5	-8	3,5	-0,5	7,08	58,47
Negra	0	23,8	1	177	0	0	4	0	6,39	55,05
Negra	0	23,8	2	183,5	6,5	0	3,5	-0,5	3,72	55,12
Negra	0	23,8	3	190	6,5	0	4	0,5	6,02	55,16
Negra	0	23,8	4	183	-7	0	3,5	-0,5	5,46	55,16
Negra	0	23,8	5	176	-7	0	3,5	0	5,36	55,62
Negra	0	23,8	6	183,5	7,5	0	3,5	0	11,74	62,89
Negra	0	23,8	7	191	7,5	14	3,5	0	7,08	58,47

# **A P É N D I C E C**

**Datos climáticos**

## C.1 Temperatura mínima extrema en °C diaria durante la investigación.

<b>Día</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>
1		7.0	12.0	13.0	24.0
2		3.0	5.0	17.0	23.0
3		9.0	-2.0	15.0	24.0
4		10.0	-2.0	15.0	25.0
5		10.0	-1.0	15.0	24.0
6		10.0	10.0	16.0	22.0
7		2.0	11.0	17.0	22.0
8		3.0	14.0	17.0	23.0
9		5.0	13.0	17.0	24.0
10		9.0	10.0	17.0	24.0
11		0.0	7.0	17.0	24.0
12		4.0	10.0	18.0	24.0
13		6.0	10.0	20.0	20.0
14		3.5	11.0	19.0	19.0
15		8.0	13.5	16.0	13.0
16	9.0	8.0	15.0	20.0	
17	9.0	6.0	15.0	22.0	
18	12.0	5.0	20.0	23.0	
19	14.0	6.0	20.0	28.0	
20	8.0	15.0	11.0	23.0	
21	8.0	13.0	9.0	24.0	
22	13.0	12.0	5.0	22.0	
23	14.0	11.0	8.0	23.0	
24	12.0	11.0	11.0	24.0	
25	5.0	8.0	17.0	21.0	
26	6.0	7.0	13.0	22.0	
27	4.0	5.0	12.0	21.0	
28	6.0	-5.0	11.0	23.0	
29	13.0	0.0	15.0	20.0	
30	17.0		16.0	24.0	
31	13.0		17.0		

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

## C.2 Temperatura máxima extrema en °C diaria durante la investigación.

<b>Día</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>
1		23.0	28.0	32.0	39.5
2		18.0	28.0	34.0	40.0
3		17.0	13.0	38.0	43.0
4		20.0	13.0	30.0	43.0
5		19.0	20.0	26.0	41.0
6		13.0	24.0	19.0	42.0
7		20.0	31.0	24.0	40.0
8		26.0	32.0	38.0	40.0
9		28.0	33.0	34.0	40.0
10		26.0	24.0	33.0	38.0
11		17.0	20.0	36.0	38.0
12		21.0	32.0	38.0	37.0
13		23.0	34.0	39.0	38.0
14		21.0	34.0	34.0	24.0
15	25.0	26.0	40.0	34.0	30.0
16	26.0	24.0	36.0	30.0	
17	25.0	25.0	28.0	38.0	
18	23.0	26.0	32.0	35.0	
19	19.0	26.0	32.0	35.0	
20	21.0	27.0	27.0	36.0	
21	25.0	29.0	25.0	37.0	
22	24.0	28.0	28.0	37.0	
23	33.0	31.0	21.0	36.0	
24	27.0	30.0	28.0	35.0	
25	19.0	33.0	38.0	38.0	
26	22.0	32.0	30.0	40.0	
27	24.0	9.0	28.0	40.0	
28	30.0	17.0	30.0	35.0	
29	33.0		25.0	40.0	
30	30.0		34.0	40.0	
31	33.0		35.0		

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

## C.3 Precipitación en milímetros diaria durante la investigación.

<b>Día</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>
1		0.0	0.0	0.0	0.0
2		0.0	0.0	0.0	0.0
3		0.0	0.0	0.0	0.0
4		Inap	0.0	0.0	0.0
5		10.0	0.0	0.0	0.0
6		0.0	0.0	10.0	0.0
7		0.0	0.0	6.0	0.0
8		0.0	0.0	0.0	0.0
9		0.0	0.0	0.0	0.0
10		0.0	0.0	0.0	0.0
11		0.0	13.0	0.0	0.0
12		0.0	0.0	0.0	0.0
13		0.0	0.0	0.0	Inap.
14		0.0	0.0	27.0	0.0
15		0.0	0.0	44.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	1.0	
17	0.0	0.0	0.0	0.0	
18	1.0	0.0	0.0	0.0	
19	Inap.	0.0	0.0	0.0	
20	0.0	0.0	0.0	0.0	
21	0.0	0.0	0.0	0.0	
22	0.0	0.0	0.0	0.0	
23	0.0	0.0	0.0	0.0	
24	0.0	0.0	0.0	Inap.	
25	0.0	0.0	0.0	0.0	
26	0.0	0.0	0.0	0.0	
27	0.0	0.0	Inap.	0.0	
28	0.0	0.0	20.0	0.0	
29	0.0		0.0	0.0	
30	0.0		0.0	0.0	
31	0.0		0.0		

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