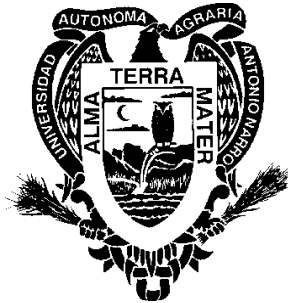


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

División de Ciencia Animal



**UTILIZACIÓN DEL SISTEMA NIRS/NUTBAL PARA MEJORAR LAS
ESTRATEGIAS DE MANEJO Y SUPLEMENTACIÓN DE VACAS
LACTANTES, GESTANTES Y VAQUILLAS EN ÉPOCA DE MALA
CALIDAD DE FORRAJE**

Por

ESTEBAN HERNÁNDEZ CAMARGO

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2004.

I INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina constituye una actividad relevante dentro del sector pecuario y en el contexto económico y social en lo que se refiere a la formación del producto interno bruto (PIB), para el año 2002 Coahuila participó con una producción nacional de 46,125 toneladas de carne de ganado bovino (SAGARPA 2003), lo cual contribuye en la generación de empleos en el medio rural y principalmente como aportación de un alimento de alto valor nutritivo para la población, además de aprovechamiento de superficies que no pueden ser utilizadas en otras actividades.

El estado de Coahuila cuenta con una superficie territorial de 15,615 km² y representa el 7.7 por ciento del territorio nacional (INEGI, 2004) de los cuales el 63.1 por ciento de la superficie total del estado se utilizan en actividades propias de la ganadería (Zaleta, 2003). Coahuila cuenta con el sistema vaca - becerro; este sistema consiste en la cría extensiva y en la venta de becerros en pie hacia los Estados Unidos de Norteamérica, es el sistema dominante en las zonas áridas y

semiáridas del norte de México y tiene un peso considerable en la economía de la región.

La justificación principal del sistema vaca – becerro es su alto grado de adaptación al relativamente corto periodo de disponibilidad de forraje natural a través del año (90 a 120 días), lo cual permite el crecimiento del becerro hasta la edad del destete aproximadamente a los 7 meses y la posibilidad de que la vaca vuelva a concebir en el periodo de lluvias. El becerro es destetado antes de que le falte el forraje en la época de seca o de invierno.

Los gastos de alimentación representan el costo más alto en la producción ganadera, es crítico para los productores saber la calidad de forraje que su ganado está consumiendo para determinar cuando debería suplementar. Para implementar prácticas de manejo que determinen la calidad de forraje, esto puede ser predicha a través del empleo de programas de predicción del estado nutricional del animal. Lo cual ayudaría a impedir la sub y la sobre suplementación, además de asegurar las exigencias nutricionales encontradas para optimizar la reproducción y producción de leche y carne en vacas en libre pastoreo.

Objetivo

El objetivo de este estudio fue analizar los datos del efecto de la suplementación proteica en vacas lactantes, gestantes y vaquillas bajo condiciones de agostadero en época de invierno utilizando el “Sistema de Espectroscopia de Reflexión Infrarroja” (NIRS) y la aplicación del programa nutricional “Analizador del Balance Nutricional” (NUTBAL) como una herramienta para conocer las necesidades nutricionales del ganado.

II REVISIÓN DE LITERATURA

Necesidades nutritivas de vacas adultas bajo condiciones de agostadero

Es común en vacas adultas, en condiciones de pastoreo en agostaderos, sus altas y bajas en peso vivo y condición corporal durante su ciclo de vida (López, 2003).

Conocer los requerimientos de energía y proteína necesaria para el ganado es de vital importancia para la operación de una unidad ganadera. Según la edad, sexo, raza, estado fisiológico del animal, estación del año y clima estos requerimientos pueden variar considerablemente, ya que en la utilización del forraje disponible en el agostadero, las vacas no consumen la cantidad de energía que iguala sus requerimientos para crecimiento, mantenimiento, gestación o producción de leche (Villalobos, 2000).

Es muy importante monitorear el ganado durante el año, así como la temperatura y otros factores ambientales que están cambiando

constantemente y pueden afectar los requerimientos de nutrientes durante diferentes etapas de la producción.

Durante las últimas décadas se ha obtenido información importante sobre las causas de las fallas en la concepción y el bajo porcentaje de nacimientos. Una de las causas más importantes es la nutrición pobre, que incluyen deficiencias de energía, proteína, fósforo y vitamina A, o más a menudo deficiencias concurrentes en todos ellos, así como prácticas inadecuadas de manejo que se reflejan en una variedad de formas, pero que en cada caso dan como resultado menor por ciento de terneros al destete, las pasturas pobres y la sobrecarga de los potreros, especialmente durante las épocas de sequía e invierno, son las razones mas obvias para que esto ocurra (Pope, S/F).

Laurenz et al. (1992) realizaron un estudio en 60 vacas adultas no lactando y no preñadas de las raza Angus y Simmental en cuatro periodos del año (1986 – 1987) con cuatro niveles de alimentación basados sobre los requerimientos de mantenimiento estimados en las vacas (75, 87.5, 112.5 y 125 por ciento de la energía metabolizable estimada para mantenimiento), todos los animales fueron alimentados con los cuatro niveles de alimentación con el propósito de determinar los efectos de las estaciones del año sobre los requerimientos de energía de mantenimiento y encontraron que es evidente que el tipo de

raza y la estación del año tienen un impacto sustancial sobre los requerimientos de mantenimiento debido a un cambio en la condición corporal e intercambio de tejidos.

Si se desea tener una alta producción en kg/vaca, las pariciones deben ser uniformes y ocurrir al inicio de la época de parto lo que tiene especial importancia para que las vacas puedan volver a ser apareadas en el ciclo reproductivo siguiente (López, 2003).

Por otro lado Houghton et al. (1990) realizaron un estudio con el propósito de evaluar la influencia de la condición corporal, consumo de energía en la dieta y el estado de producción sobre los requerimientos de energía de mantenimiento y eficiencia de energía; en el cual encontraron que un bajo consumo de energía resulta en una reducción significativa en condición corporal y peso en comparación con el consumo de energía de mantenimiento durante el último trimestre de gestación y alto consumo de energía durante los treinta días posparto.

Niveles muy bajos de proteína o energía tienen como resultado una marcada reducción de peso al nacer en el becerro (Tudor, 1972). Un inadecuado consumo de alimento durante la preñez tardía está también asociado con un trabajo débil al parto, incremento en distocia, reducción en la producción de leche y crecimiento de la prole (Bellows y Short, 1978).

En la lactancia, los requerimientos de energía y proteína se incrementan considerablemente alrededor de los 45 a 60 días después del parto, sin embargo la vaca puede comer más cantidad de forraje alrededor de las 16 semanas después del pico de lactancia debido a que la capacidad del intestino se incrementa (NRC, 1996).

Necesidades nutritivas de vaquillas de reemplazo

La edad a la pubertad es un importante rasgo de producción en el ganado, porque muchos de los sistemas utilizados actualmente necesitan que las vaquillas sean criadas durante el sistema de cría restringido en 14 a 16 meses para parir a los 2 años de edad (NRC, 1996).

En vaquillas el 65% de peso adulto proyectado al inicio de su primer empadre es una norma recomendada, sin embargo el 55% es un promedio reflejado en la ganadería extensiva (Paterson et al., 1991).

El adecuado desarrollo de las vaquillas de reemplazo es la clave para la producción rentable de carne, desafortunadamente, debido a los altos costos percibidos para su desarrollo, muchas hembras jóvenes tienen un inicio lento de su vida y esto impacta en su vida productiva; una sub y sobre alimentación de vaquillas durante el periodo

postdestete tiene efectos prolongados sobre la futura productividad (Ferrel, 1982).

Las vaquillas mantenidas como reemplazo, alimentadas con rigurosos programas de alimentación que tienen su primer parto a los 2 años resultan ser económicamente más rentables (Gill y Allaire, 1976). Además una inadecuada talla al parto puede limitar la producción de leche y que estas queden gestantes en el primer parto. En general vaquillas de razas productoras de carne se espera que logren su pubertad aproximadamente al alcanzar el 60 por ciento de su peso vivo (Martin et al. 1992; Gregory et al. 1992).

Paterson et al. (1991) realizaron una investigación en hembras post destete a las cuales se les suplemento con dos niveles de energía (alto y bajo) con el propósito de evaluar el impacto de la alimentación así como alcanzar una meta de peso establecida al preempadre (65 por ciento del peso adulto); en dicho estudio mencionan que el nivel de energía (alto) contribuyó a que las vaquillas alcanzaran la pubertad para la época de empadre así como también el peso preempadre, condición corporal, altura a la cadera y área pélvica; explican también que las diferencias en comportamiento reproductivo de vaquillas de reemplazó es causado por un inadecuado desarrollo nutricional en el periodo post destete.

Así mismo, Short y Bellows (1971) llevaron acabo un experimento en vaquillas para evaluar los efectos de la variación del nivel de alimentación sobre el subsiguiente crecimiento y reproducción. Las vaquillas fueron alimentadas para ganar 0.23, 0.45 o 0.68 Kg. por día durante el periodo de invierno; encontraron que aumentando el nivel de alimentación se incrementó el peso corporal, área pélvica y condición corporal e indican que una restricción de energía en la dieta de vaquillas influye negativamente en la edad a la pubertad, fecha al primer parto, empadre y concepción, índice de preñez y mayor riesgo de distocia.

Monitoreo de la calidad de la dieta del ganado en pastoreo

La producción de forraje varía considerablemente dependiendo de la lluvia, estación del año y del manejo del pastoreo pasado y presente; para hacer un manejo adecuado del recurso pastizal, el numero de animales debe balancearse con la cantidad de forraje disponible. Por lo tanto, la disponibilidad de forraje debe usarse para predecir si existirá escasez de forraje y poder hacer los ajustes necesarios de carga animal (White y Richardson, S/F).

Medir el valor relativo de la dieta que consumen los animales en libre pastoreo es de gran importancia ya que el productor de ganado requiere de estimaciones sobre lo bien o lo mal que se está alimentando a los animales, con relación a los requisitos para máxima producción; por otra parte le interesa tener una predicción mas o menos exacta de lo que va a suceder en el animal, con la dieta disponible en el agostadero y decidir en el momento adecuado si dicha dieta es capaz de aportar los nutrientes necesarios para mantenimiento (Hunnicult, 2000).

En agostaderos naturales, donde además de diferentes especies de gramíneas o leguminosas, existen arbustos, árboles, y hierbas anuales, la determinación de la dieta del animal es prácticamente imposible de predecir por cortes hechos a mano (De Alba, 1980).

En Australia, Moir (1960) realizó un experimento de comparación sistemática en composición de forraje consumido por bovinos: Carpeta (*Axonopus affinis*) y Dallis (*Paspalum dilatatum*); cortados a mano tratando de imitar al corte del animal y forraje cosechado a maquina. Obteniendo los siguientes datos (cuadro 2.1):

Cuadro 2.1 Composición de la dieta de forraje consumido por bovinos y muestras cortadas con la mano y por corte total con segadora									
	Consumido			Arranque a mano			Cosecha total		
Fechas	Proteína	P	Ca	Proteína	P	Ca	Proteína	P	Ca
Mayo	9.8	.20	.21	9.8	.23	.19	6.7	.15	.16
Junio	9.6	.20	.21	9.6	.22	.24	6.3	.15	.34
Julio	10.5	.20	.25	8.2	.22	.27	5.7	.15	.29
Agosto	9.8	.19	.23	7.9	.17	.21	5.8	.14	.31

Estos datos muestran los principios que rigen la nutrición del animal en pastoreo; se puede observar la capacidad del animal para seleccionar el forraje con mayor contenido de proteína y fósforo que el presente en la cosecha total y además el forraje cortado a mano no igualó la selección hecha por el animal.

El animal fue capaz de mantener una dieta bastante uniforme a pesar de que la planta entera estaba sufriendo cambios y un descenso progresivo en la calidad.

En un estudio realizado por Hunnicult (2000) en Texas Hill Country en 1997 usando el sistema NIRS/NUTBAL midió el por ciento de digestibilidad en el forraje consumido por animales en pastoreo, menciona que la digestibilidad del forraje fue del 60 por ciento en Julio y después los valores siguieron una tendencia estacional; De Agosto a Enero la digestibilidad disminuyó ligeramente, de Enero a Abril se vió el más grande incremento en la digestibilidad del forraje, de Abril a Junio

la digestibilidad del forraje regularmente desciende y el ganado otra vez aprovecha el nivel de 60 por ciento (Fig. 2.1).

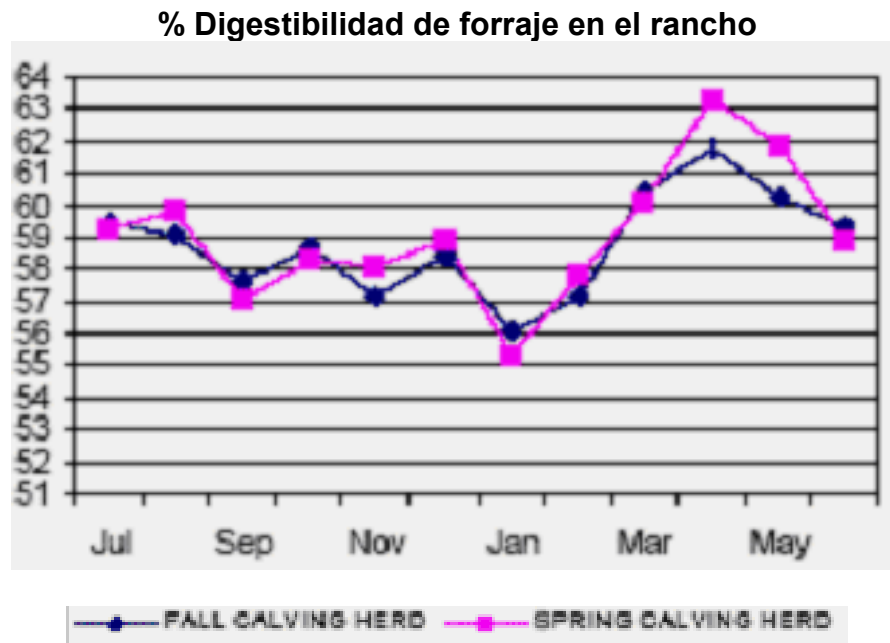


Figura 2.1 Digestibilidad de forraje consumido por bovinos

Fuente : Hunnicutt, 2000.

Una razón para esto podría ser simplemente la habilidad del ganado para seleccionar una dieta mas variada de forrajes en crecimiento y especies apacentables durante la estación inactiva de crecimiento de forrajes a lo largo del año.

De igual manera Stuth (1998) en un estudio realizado en el sur de Texas en el periodo de 1994 a 1997 menciona que la proteína cruda varia de 4.5 a más del 14.5 por ciento dentro de la base de datos del GAN Lab (laboratorio de nutrición animal en pastoreo) para el sur de Texas (Fig. 2.2). El promedio mayor mensual de valores de PC está en

Marzo y se encuentra en su nivel más bajo en la temporada de seca, a mediados de primavera y en la mitad del periodo de invierno. En la mayor parte de los meses hay 4.5 por ciento unidades de PC el rango de valores entre la baja y alta calidad de la dieta, sin embargo, en la primera mitad del año, varía la mayoría de los valores de PC, especialmente en Enero y en el los meses de Abril y Mayo.

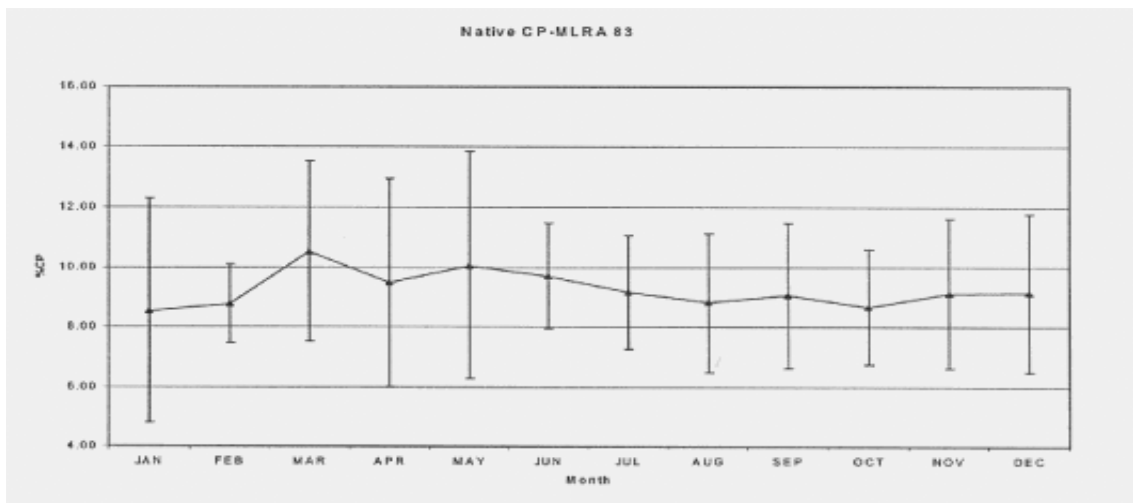


Fig. 2.2 Perfil de PC. Valores medios y mas / menos una desviación estándar
Fuente: Stuth, 1998.

Menciona también que el rango observado en los valores de MOD in vivo (Fig. 2.3) variaron de 53 por ciento a 65 por ciento a través de los ranchos en el sur de Texas. Los valores más altos fueron encontrados en Junio y los valores más bajos a finales de verano y a mediados de los meses de invierno. Hubo de 4 a 7 por ciento de diferencia en los valores extremos mensualmente.

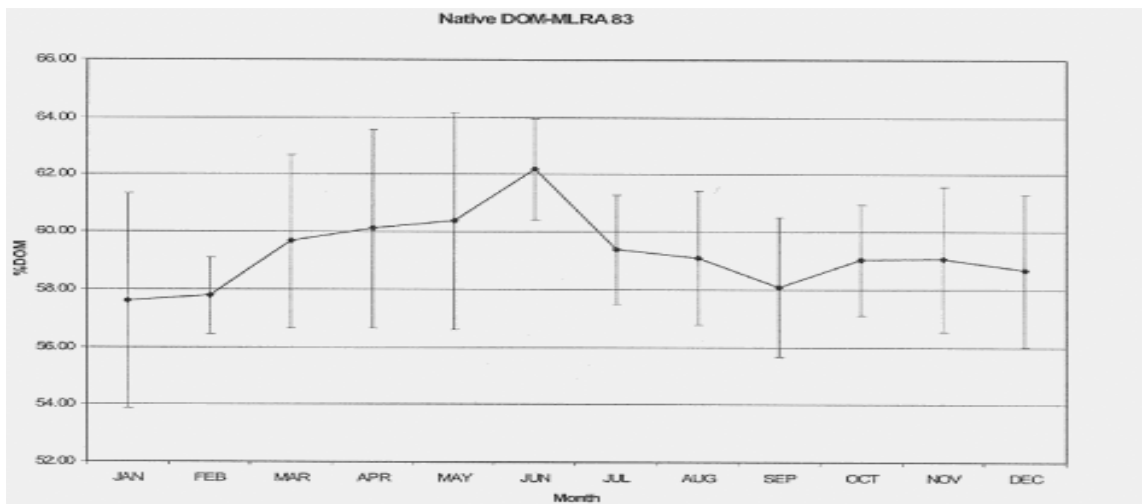


Fig. 2.3 Perfil de MOD. Valores medios y mas / menos una desviación estándar
Fuente: Stuth, 1998.

Sistemas para predecir el manejo nutricional del ganado en pastoreo

Los sistemas de manejo nutricional son utilizados para ayudar a determinar la calidad del forraje que consumen o consumirán los animales en pastoreo y luego comparar la predicción de la calidad del forraje con las necesidades específicas del animal. Estos sistemas pueden ayudar a determinar cuando es necesaria la suplementación, que cantidad de suplemento es necesario utilizar y también pueden determinar el análisis a menor costo para el suplemento específico. Estos sistemas tienen la habilidad para predecir el rendimiento del animal basado en el plano nutricional y características fenotípicas del animal (Shane, 2002).

Dos de los sistemas de manejo nutricional mas comunes que están siendo usados en la actualidad son:

- El muestreo de forraje cortado a mano y los requerimiento nutricionales de bovinos de carne (NRC, 1996)
- El sistema de espectroscopia de reflexión infrarroja (NIRS) y el Analizador del balance nutricional (NUTBAL)”.

El perfeccionamiento de la tecnología de monitoreo y herramientas analíticas son usadas en la nueva era por manejadores de la ganadería para mejorar la sobre vivencia en un clima de negocios de siempre incrementar la demanda para mayor eficiencia de producción con mínimos riesgos (Stuth y Tolleson, 2001).

Sistema de espectroscopia de reflexión infrarroja (NIRS) y el Analizador del balance nutricional (NUTBAL).

Un método moderno de monitoreo del estado nutricional de animales en libre pastoreo es el sistema NIRS/NUTBAL (Sistema de Espectroscopia de Reflexión Infrarroja y el Analizador del Balance Nutricional), Nutritional Balance Analyzer, (1996), desarrollado en el laboratorio de nutrición animal en pastoreo (GAN Lab) en el “Rangeland

Ecology and Management Departament de la Universidad de Texas A & M en College Station, TX (Shane, 2002).

La metodología establecida mediante el sistema NIRS para la determinación de perfiles fecales fue finalizada en 1991, y en 1992 fue publicado el NUTBAL para conocer las demandas de los usuarios, de tal manera que para 1994 con la tecnología desarrollada era posible establecer un laboratorio de servicios para atención a productores a nivel nacional en los Estados Unidos de Norte América. Desde entonces se han experimentado muchas revisiones y mejoramientos basados sobre una serie de estudios de validación y pruebas en ranchos para mejorar su aplicación en la ganadería en libre pastoreo (The GAN Lab, 2001a).

Los asesores de ranchos y ganaderos tienen objetivos específicos de productividad dentro de su sistema de operación, cuando estos no son cumplidos, ellos necesitan saber el por qué y cuanto será el costo de no haber cumplido con los objetivos; la nutrición del ganado en libre pastoreo necesita ser monitoreada regularmente y/o con frecuencia para eficientizar el rendimiento de la ganadería. Un programa de monitoreo nutricional se apoya con el uso de tres herramientas básicas, las cuales son: A) monitoreo de la condición corporal, B) monitoreo de la calidad de la dieta y C), la estimación del

forraje disponible; estas herramientas nos ayudarán a evaluar el pasado, presente y futuro de nuestra ganadería (The GAN Lab, 2001b).

El sistema NIRS/NUTBAL genera información valiosa que permite tomar decisiones adecuadas y oportunas en cuanto a la nutrición del animal y al manejo del pastoreo. Las decisiones de manejo mejor fundamentadas pueden afectar positivamente el estado nutricional y la condición corporal del ganado para mejorar la productividad y los beneficios (The GAN Lab, 2001c).

Los costos efectivos de suplementación necesariamente dependen de un conocimiento de la calidad de la dieta actual, junto con un conocimiento de los requerimientos de nutrientes. Hoy en día no existe método capaz de realizar estimaciones confiables de la calidad de la dieta actual que consume el ganado en libre pastoreo debido a la heterogeneidad de las especies vegetales existentes en el agostadero, alta selectividad del ganado hacia dichas especies y gran variabilidad de los cambios climáticos; con el sistema NIRS/NUTBAL la suplementación de nutrientes necesarios para cubrir los objetivos de producción pueden ser determinados en cualquier época del año y se pueden tomar decisiones sobre cuando, cuál y qué cantidad de suplemento es necesario, así como de cambios de potrero, destetes y planeación de la comercialización (Coates, 2000).

Así, Stuth y Tolleson (2000) realizaron un estudio en 350 ranchos que han participado durante 6 a 24 meses y mencionan como el tiempo en el programa aumentó un dólar agregado a los beneficios de estar en el programa. Este beneficio refleja un aumento en 22 kg de becerro vendido por vaca expuesta, y/o una disminución de 35 por ciento en costos de alimentación.

Con el propósito de estimar el impacto económico e implicaciones prácticas de usar el sistema NIRS/NUTBAL Eilers (2002) realizó un estudio de Abril de 1997 a Diciembre de 1998, en el cual reporta (Fig. 2.4) que el 35 por ciento de los encuestados quienes reportaron una disminución de los costos de alimentación, certificaron una disminución promedio de 15.5 por ciento, variando del 3 al 100 por ciento de reducción, mientras que no redujeron los destetes ni los índices de concepción. El 34 por ciento de los encuestados quienes producen vaca/becerro reportaron un promedio de incremento agregado en dólares de \$26.50 por vaca expuesta debido a una reducción en los costos de alimentación, incremento en los índices de concepción, e incremento en los pesos al destete, 16 por ciento de los encuestados quienes producen vaca/becerro reportaron un promedio de incremento en carne vendible de 19 libras por vaca expuesta debido a un incremento en peso al destete y en índices de concepción.

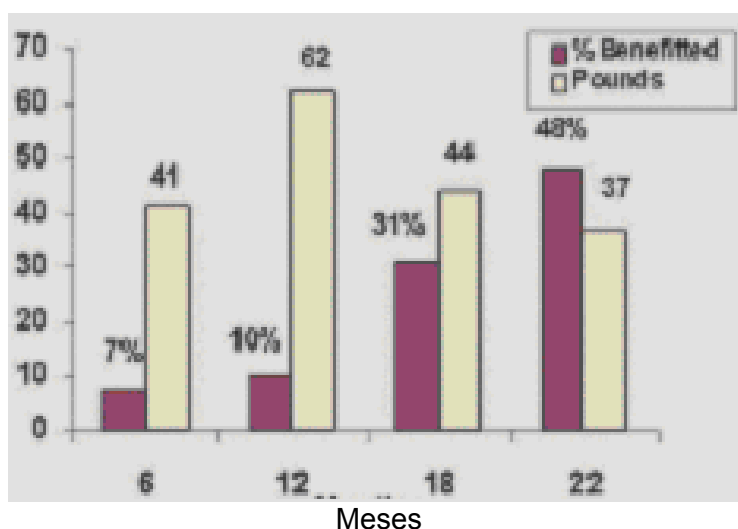
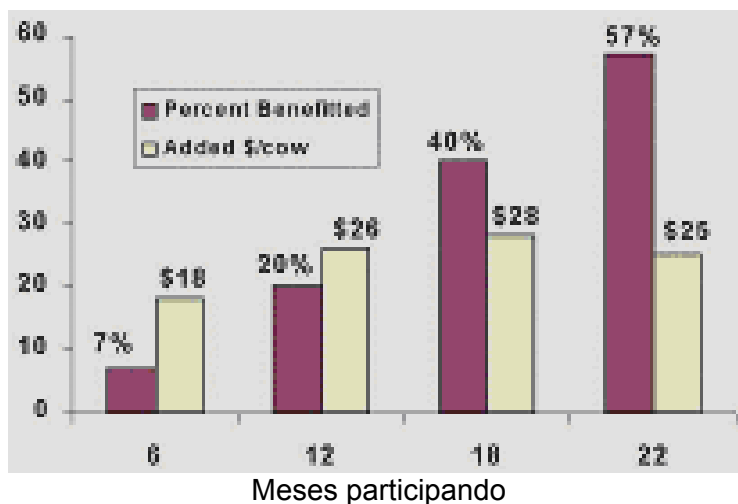


Fig 2.4 Promedio de dólares agregados / vaca expuesta.
Beneficios reportados por encuestados. Fuente: Eilers, 2002.

De igual manera Stuth y Tolleson, (2001) en estudios realizados en Estados Unidos de Norte América indican que sobre el 60% de usuarios del sistema NIRS/NUTBAL reciben aproximadamente \$28.00 dólares por vaca expuesta cada año en el programa usado en 1999 ó \$38.00 dólares con las condiciones del mercado en el 2001. Mas del

50% de los productores cambiaran los alimentos suministrados y mas del 80% reportaron un mayor conocimiento de la calidad del forraje, manejo nutricional de sus animales y desarrollado una mayor apreciación de la conexión entre buen pastoreo y manejo de conservación de sus recursos y la nutrición de su ganado.

El NIRS aplicado en la evaluación de heces fecales

La luz visible por el ojo humano ocupa una estrecha franja del espectro electromagnético, formando el espectro visible que va desde los 380nm a 780nm aproximadamente. Estructuras en el ojo llamadas conos en la retina, dirigen por medio de señales nerviosas la luz incidente al cerebro donde se convierte en información visual (Cozzolino, 1998).

Un espectrofotómetro NIR trabaja de una manera similar. Solamente hacia fuera de la banda roja en la región visible del espectro electromagnético está la región infrarroja, de la cual, el NIR es inmediatamente adyacente (800 a 2500 nm). La luz infrarroja es emitida por el sol y absorbida por todos los compuestos biológicos, pero esta no es visible por el ojo humano. Las uniones químicas en moléculas orgánicas vibran, se estiran, y hacen una curva en frecuencia similar a

las vibraciones del espectro electromagnético cuando es descubierto por la luz infrarroja. Las longitudes de onda que tienen una unión particular vibran y son absorbidas, las otras son reflejadas. El espectrómetro NIR proyecta una cantidad de luz conocida en una sustancia y entonces registra el reflejo de aquella sustancia, almacenando la información en una computadora (Stuth, Jama y Tolleson, 2002).

Lyons y Stuth (1992) examinaron la utilidad del NIRS para predecir la calidad de la dieta del ganado en libre pastoreo a través de análisis fecal (Fig. 2.5). Las muestras de la dieta fueron obtenidas de novillos fistulados del esófago, posteriormente las áreas de estudio fueron pastoreadas con vacas no fistuladas, “vacas lactantes y vacas secas” para proporcionar muestras fecales representando diferente calidad de la dieta de forrajes. Las muestras de dietas de los novillos fistulados fueron analizadas por procedimiento de laboratorio convencional y proporcionaron los datos de referencia para materia orgánica digestible y proteína cruda, mientras que las muestras fecales proporcionaron los datos para desarrollar la ecuación de predicción NIRS por regresión gradual.

La llegada de tecnología NIRS para predecir la calidad de la planta, forraje, tejido del alimento y predecir la calidad de la dieta por

medio de heces ofrece un mecanismo rápido para adquirir información nutricional del ganado. Las ventajas del NIRS sobre métodos convencionales analíticos de laboratorio, son:

- *No es destructivo*
- *No requiere ningún reactivo*
- *Permite la determinación de múltiples valores como son:*

Proteína cruda **PC**; Materia orgánica digestible **MOD**;

Fibra detergente ácido **ADF**; Fibra detergente neutro **NDF**;

Nitrógeno **N**; Fósforo **P**.

(Stuth., Jama, y Tolleson, 2002).

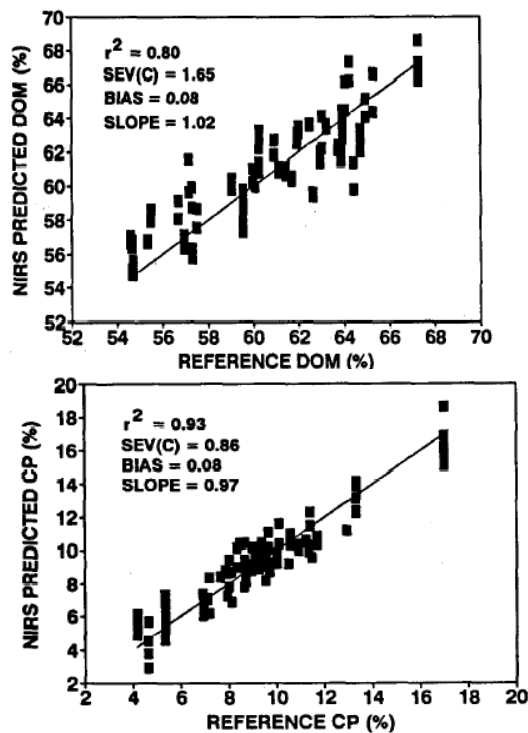


Fig. 2.5 Proteína Cruda y Materia Orgánica Digestible *in vivo* de toretes fistulados VS PC y MOD In vivo predicha por el NIRS. Fuente: Lyons y Stuth, 1992.

Un estudio realizado por Volesky y Coleman, (1996) donde evaluaron el potencial del NIRS para estimar la composición botánica de muestras de extrusas de borregos con fístula esofágica y mencionan que el método NIRS ofrece precisión aceptable y exacta en la predicción de los componentes en estudio y sería práctico y eficiente porque reduce el número de muestras que tendrían que ser analizadas por microhistología.

Funcionamiento del NUTBAL

En la década de los 90's los ganaderos aún eran incapaces de evaluar cuantitativamente el estado nutricional del ganado que pasta bajo condiciones de libre pastoreo, debido a que existían pocas metodologías prácticas que interpretaran de manera económica la situación nutricional del animal en términos de calidad de la dieta consumida y su estado fisiológico, así como el forraje disponible, condiciones del terreno en pastoreo, condiciones climáticas, uso de alimentos complementarios y de modificadores metabólicos. El software "NUTBAL" ayuda a conocer las necesidades nutricionales del ganado

en pastoreo en lo que respecta a la estimación de la proteína cruda (PC) y el balance de energía neta de mantenimiento (ENm) y la energía neta de ganancia (ENg) en los animales en libre pastoreo, utilizando herramientas como condiciones climáticas, raza o tipo, condición corporal. Hace uso de una combinación de sistemas de modelaje publicados, incluyendo formulas de requerimientos nutricionales básicos del NRC1984 y 1987, incluyendo los ajustes a las ecuaciones del NRC, los conceptos relacionados con los umbrales de proteína ruminal degradable, la relación MOD/PC y el concepto relacionado al cambio en la tasa de consumo y a la modificación de la energía metabolizable debido a efecto asociativos en animales en crecimiento. La parte en que el NUTBAL se desvía de otros modelos nutricionales de consumo, es en la aplicación de un sistema de llenado metabólico para predecir el consumo de materia seca del animal, a partir de la producción de heces. Dicho sistema esta basado en los primeros trabajos desarrollados por Conrad et al. (1964), Forbes (1980 y 1984), Kartchner (1981), Fisher et al. (1990) e Ingvarlsen, (1994); mencionados por (The GAN Lab, 2001a).

El programa “NUTBAL” nos permite ingresar diversas variables que afectan el rendimiento del animal en cuestión, tales como: nivel de actividad (condiciones del terreno), condiciones medio ambientales

(temperaturas máximas y mínimas, velocidad del viento, disponibilidad de forraje, características del animal, (edad, peso, raza, sexo, condición corporal, factor de ajuste de energía, ganancia compensatoria), calidad del forraje, granos y efectos asociativos, modificadores metabólicos.

El NUTBAL nos proporciona dos tipos de reportes o información:

- 1) Describe el consumo y requerimientos de nutrientes y muestra el balance de proteína, energía neta de mantenimiento y de ganancia; también estima el promedio de ganancia o pérdida de peso, identifica el nutriente limitante y reporta el consumo de materia seca la producción de leche y producción fecal.
- 2) El informe de mediación selecciona la alternativa de costo mas eficiente. El usuario identifica uno o mas suplementos (proteína o energía) disponibles para usar. El programa evalúa el valor de la alimentación respecto a la deficiencia nutritiva del animal o la ganancia de peso deseada; El informe de mediación entonces identifica la opción de costo más eficiente, la cantidad de alimento a proporcionar y el costo por día (The GAN Lab, 2001d).

III MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del estudio

La investigación consta de dos fases 1) El análisis de heces fecales por medio del NIRS para predecir la calidad de la dieta del ganado en pastoreo en condiciones de agostadero y 2) El uso del NUTBAL, un sistema de soporte de decisiones para valorar el estado nutricional de dichos animales. Iniciando el 25 de Enero de 2002 y concluyendo el 18 de Abril del mismo año con un periodo de duración de 85 días.

Ubicación geográfica del área de estudio

La investigación de campo se realizó en el rancho “La Salada”, localizado al norte del estado de Coahuila, en el municipio de Jiménez sobre la carretera Zaragoza – Cd. Acuña en el km 38 interior 3.0 km entre las coordenadas $100^{\circ} 55' 50''$ longitud Oeste y $28^{\circ} 44' 30''$ de latitud norte (Fig. 3.1)

Clima

La formula climática para esta región corresponde al: $Bs_0\ hx'$ (e) y se describe de la siguiente manera: Clima seco, semicálido, extremoso, con inviernos frescos, lluvias escasas todo el año, con precipitación invernal superior al 10 porciento.

Donde:

Bs_0 = El mas seco de los Bs

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

x' = Régimen de lluvias intermedio entre verano e invierno

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

Salada"

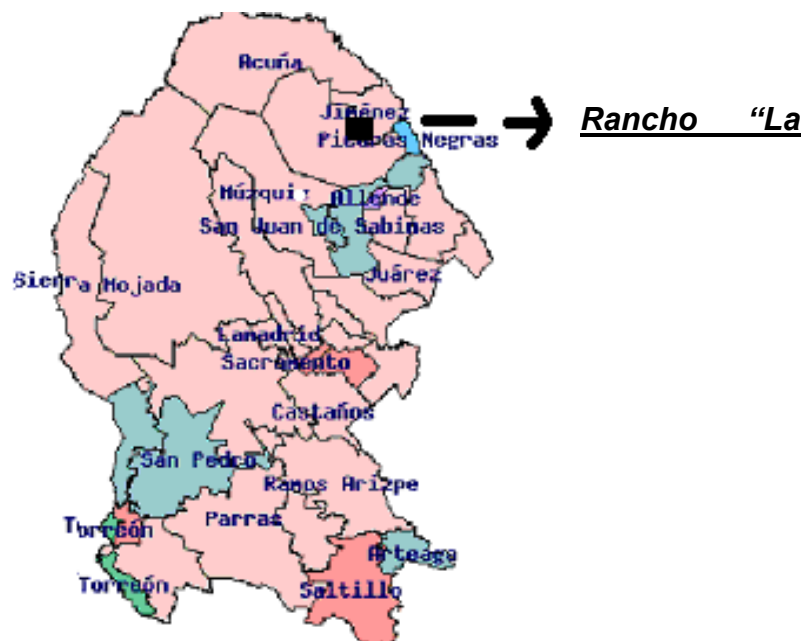


Fig. 3.1 Localización geográfica del rancho “La Salada”

La temperatura media anual es de 20 a 22⁰C y la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 300 y 400 milímetros, con régimen de lluvias en los meses de Mayo a Noviembre; los vientos predominantes tienen la dirección suroeste con una velocidad de 15 a 25 km/hr La frecuencia de heladas es de 0 a 20 días y granizadas de 0 a 1 día (Mendoza, 1983).

Condiciones climáticas prevalecientes durante la investigación

La información climática recolectada durante la investigación fueron temperaturas máximas, mínimas y precipitación. Las condiciones climáticas que se registraron en el área de estudio durante el periodo de investigación son las siguientes (Cuadro 3.1):

Cuadro 3.1 Condiciones meteorológicas prevalecientes durante el periodo de investigación.

Parámetro / MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
------------------------	--------------	----------------	--------------	--------------

<i>Temperatura media (°C)</i>	15.0	15.0	19.9	26.2
<i>Precipitación media (mm)</i>	0.06	0.35	1.06	2.29

FUENTE: CNA, 2002. Gerencia estatal Coahuila. Estación meteorológica de Zaragoza, Coah.

Tipo de suelo

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

En lo que respecta al uso de 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 (Bautista, 2002).

Vegetación

La vegetación presente en esta región según COTECOCA (1979), es clasificada como matorral medio espinoso. Este tipo de vegetación está formada por un conjunto de arbustos medianos, de 1 a

2 metros de altura (cuando existen derramaderos con acumulación de humedad puede formarse un matorral con individuos hasta de 4 metros o mas de altura) provistos de hojas o foliolos pequeños y espinas (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2 Especies que caracterizan el tipo de vegetación Matorral medio espinoso.

NOMBRE COMÚN	GÉNERO	ESPECIE
Chaparro prieto	<i>Acacia</i>	<i>rigidula</i>
Guajillo	<i>Acacia</i>	<i>berlandieri</i>
Mezquite	<i>Prosopis</i>	<i>juliflora</i>
Chaparro amargoso	<i>Castela</i>	<i>texana</i>
Guayacán	<i>Porlieria</i>	<i>angustifolia</i>
Cenizo	<i>Leucophyllum</i>	<i>texanum</i>
Huizache	<i>Acacia</i>	<i>Farnesiana</i>
Zacate mezquite	<i>Hilaria</i>	<i>Belangeri</i>
Nopal kakanapo	<i>Opuntia</i>	<i>Lindheimeri</i>
Zacate toboso	<i>Hilaria</i>	<i>Mutica</i>
Mezquite	<i>Prosopis</i>	<i>Glandulosa</i>
Gatuño	<i>Acacia</i>	<i>greggii</i>

En lo potreros en los que se realizó la investigación se pueden encontrar diferentes especies vegetales, entre las más comunes (cuadro 3.3) son las siguientes.

Cuadro 3.3 Especies vegetales presentes en los potreros utilizados durante el periodo de investigación.

NOMBRE COMUN	GENERO	ESPECIE
Cenizo	<i>Leucophyllum</i>	<i>frutecens</i>
Engorda cabra	<i>Dalea</i>	<i>bicolor</i>
Leucaena	<i>Spp</i>	<i>leucaena</i>
Mezquite	<i>Prosopis</i>	<i>glandulosa</i>

Nopal kakanapo	<i>Opuntia</i>	<i>lindheimeri</i>
Vara dulce	<i>Eysenhardtia</i>	<i>texana</i>
Z. Agujilla	<i>Nasella</i>	<i>leucotricha</i>
Z. arenosos	<i>Sporobolus</i>	<i>cryptandrus</i>
Z. banderita	<i>Bouteloua</i>	<i>curtipendula</i>
Z. búfalo	<i>Buchloe</i>	<i>dactyloides</i>
Z. escobilla	<i>Digitaria</i>	<i>cognata</i>
Z. gigante	<i>Leptochloa</i>	<i>dubia</i>
Z. klein	<i>Panicum</i>	<i>coloratum</i>
Z. mezquite	<i>Panicum</i>	<i>obtusum</i>
Z. navajita roja	<i>Bouteloua</i>	<i>trifida</i>
Z. pata de gallo	<i>Cynodon</i>	<i>dactylon</i>
Z. popotillo plateado	<i>Bothriochloa</i>	<i>laguroides</i>
Z. temprano	<i>Setaria</i>	<i>leucopila</i>

Descripción del rancho

El rancho “La Salada”, propiedad del Sr. Alfonso Ainslie Montemayor cuenta con una superficie de 5800 hectáreas divididas en 8 potreros, los cuales cuentan con adecuada distribución del agua contando con 5 aguajes por cada potrero e instalaciones adecuadas para un buen manejo de los animales en apacentamiento.

Sistema de producción

Este rancho durante el periodo de muestreo de heces, contaba con 343 vientres (166 vacas lactantes y 177 vacas en gestación) 30 vaquillas y 16 sementales; bajo el sistema de cría o sistema vaca – becerro, debido al alto grado de adaptación al relativamente corto periodo de disponibilidad de forraje natural a través del año, lo cual

permite el crecimiento de becerros hasta la edad del destete aproximadamente a los 7 meses y la posibilidad de que la vaca vuelva a concebir en el periodo de lluvias.

Este es el sistema dominante en las zonas áridas y semiáridas del norte de México y tiene un peso considerable en la economía de la región.

Por lo anterior podemos mencionar que el giro principal del rancho es la venta de becerros hacia los Estados Unidos de Norte América y engorda de hembras para el mercado local; Además de brindar el servicio de cacería deportiva.

Materiales

Animales utilizados en la Investigación

La raza de los animales utilizados en la investigación se conforman de la siguiente manera: un medio Simmental por un medio de (Charoláis, Herford y Brahaman).

Se utilizaron 24 vacas en periodo de lactancia, 50 vacas gestantes y 30 vaquillas las cuales se dividieron al azar en dos grupos: tratamiento y testigo. Las hembras en lactancia contaban con un mes de paridas en promedio; Las vacas en periodo de gestación tenían un

promedio de 90 días de gestación; Las vaquillas utilizadas en la investigación tenían una edad de 11 meses en promedio.

Características del suplemento utilizado

La dieta proporcionada como suplemento se elaboró en la planta de alimentos de la Asociación Ganadera Local de Piedras Negras, el cual contiene los siguientes ingredientes: Harinolina como fuente de proteína, Melaza como fuente de carbohidratos solubles, Urea como fuente de proteína no verdadera, sal como regulador de consumo, vitaminas y minerales (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4 Composición del suplemento utilizado.

INGREDIENTE	% EN BASE SECA
Harinolina	38.5
Melaza	23.0
Urea	4.0
Sal de mar	30.0
Ortofosfato	2.0
Carbonato de calcio	0.5
Premezclas de vitaminas	2.0

Métodos

Selección de animales utilizados

- a) Animales del grupo tratamiento.

- a. Al inicio de la prueba el grupo de vacas lactantes (12) tuvieron un peso promedio de 375Kg, y una condición corporal promedio de 3.5.
- b. Las vacas gestantes (25) tuvieron un peso promedio al inicio de la prueba de 395 Kg. y una condición corporal promedio de 4.0.
- c. Las vaquillas (15) tuvieron un peso inicial de 210.5 Kg. y una condición corporal de 4.0.

b) Animales del grupo testigo.

- a. Al inicio de la prueba el grupo de vacas lactantes (12) presentó un peso promedio de 376Kg. y una condición corporal de 4.0 en promedio.
- b. El grupo de vacas gestantes (25) presentó un peso promedio de 380 Kg. y una condición corporal de 4.0 en promedio
- c. Las vaquillas (15) del grupo testigo registraron un peso inicial de 204.6 Kg. y una condición corporal de 4.0 en promedio (en escala del uno al nueve)

Todos los grupos de animales fueron previamente identificados con arete, desparasitados (baño de inmersión), pesados al inicio de la

prueba y por último llevados a sus respectivos potreros donde permanecieron durante el periodo de investigación. Iniciando el 25 de Enero del 2002 y concluyendo el 18 de Abril del mismo año con una duración de 85 días.

Suplementación

La suplementación proteica se ofreció solamente a los animales del grupo tratamiento, el cual se les proporcionó a razón de 1.3 kg/animal/día en base húmeda para vacas lactantes y 1.0 kg/animal/día en base húmeda para vacas gestantes y vaquillas. El suplemento era depositado en botes de 100 kg distribuyéndolos uniformemente en los potreros de manera que quedaran a una distancia mínima de 500 metros de los bebederos. Se asume que todos los animales consumieron la cantidad tal como se ofreció ya que cada que se hacia el cambio de botes estos se encontraban vacíos.

Se estimó el consumo de suplemento en 1.3 kg/día para vacas lactantes y 1.0 kg/día para vacas gestantes y vaquillas, el cual según reportan Bautista (2002), Reyes (2002) y Zaleta (2003) contenía un 30.53 por ciento de proteína cruda en base seca. Sin embargo análisis realizados recientemente al suplemento utilizado en el periodo de

investigación indican que este contenía un 27 por ciento de proteína cruda en base a materia seca lo cual pudo haber sido por un posible error de muestreo.

Colección de heces

Las muestras de heces fueron colectadas 48 horas antes de proporcionar el suplemento a los animales de los grupos tratamiento. Posteriormente se colectaban muestras de heces cada 15 días sistemáticamente, comenzando con el tratamiento y por ultimo el testigo en cada grupo a la misma hora.

Se localizaban 10 heces frescas, libres de material vegetativo, tierra, insectos, piedras, escombros y agua de lluvia; se removía la corteza superior de las heces fecales y se recolectaba con una cuchara alrededor de 100 gr de muestra, colocándolas en bolsas zip-loc previamente identificadas con la fecha de muestreo, estado fisiológico del animal (lactante, gestante, vaquilla) y nombre del grupo (tratamiento y testigo). Al término de cada muestreo se depositaron las muestras en el congelador para efecto de su conservación.

Análisis de heces

Las muestras de heces se almacenaron hasta el final del periodo de muestreo y posteriormente se enviaron al laboratorio de Nutrición Animal en Pastoreo (GAN Lab) de la Universidad de Texas A & M para realizar su análisis por medio del NIRS.

El procedimiento de procesamiento para el análisis de heces del GAN Lab es el siguiente:

- Recepción de las muestras fecales.
- Secado de las heces en una estufa a 60⁰ C por 48 horas.
- Molienda de las muestras que pasan por una pantalla de 1 mm para uniformizar la dimensión de la partícula para mejorar la precisión del NIRS
- Remoción de la humedad restante en las muestras durante 24 horas y estabilización de la muestra antes de la lectura.
- Análisis a través del NIRS que cuenta con un escáner 4250 provisto con tres filtros y un recipiente para colocar las muestras.
- Los valores del espectro son entonces correlacionados con ecuaciones de predicción desarrolladas de diferentes juegos de calibraciones.
- Predicción de PC y MOD a través de un Software por computadora que recibe el análisis realizado por el NIRS.

Parámetros Evaluados

Los parámetros ganancia de peso (GP), condición corporal (CC) del ganado en estudio y la proteína cruda (PC) y materia orgánica digestible (MOD) obtenida a través del NIRS mediante heces fecales (cuadro 4.2) fueron previamente analizados mediante el programa estadístico STATISTICA ver. 98 y discutidos por Bautista (2002), Reyes (2002) y Zaleta (2003).

La información recabada de estudios realizados por Bautista (2002), Reyes (2002) y Zaleta (2003) tal como: calidad de la dieta basado en muestras fecales, características del animal, información climatológica e información del rancho fue utilizada para alimentar al programa de manejo nutricional NUTBAL para llevar acabo el análisis de las necesidades nutricional de los animales y su posible rendimiento, así como evaluar las decisiones de suplementación tomadas anteriormente.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bautista (2002), Reyes (2002) y Zaleta (2003) mencionan que al realizar el análisis de varianza para las variables Ganancia de peso (GP) Condición Corporal (CC), Proteína Cruda (PC) y Materia Orgánica Digestible (MOD), se encontró una diferencia significativa para GP en vacas lactantes ($P < .06$) para el tratamiento al presentarse una GP de 5 kg mientras que el testigo perdió 13 kg y en vaquillas el grupo testigo ganó 4.33 kg mientras que el tratamiento perdió 10.07 kg ($P \leq .01$) posiblemente por efecto de carga animal de la pasta. Para vacas gestantes no se presentó diferencia estadísticamente significativa. En vacas gestantes se presentó un peso promedio al destete de 156 kg para el grupo tratamiento mientras que el testigo presentó un peso promedio al destete de 143 kg, existiendo una diferencia de 13 kg a favor del grupo tratamiento. Uno de los factores que posiblemente afectó este último resultado fue que no se tomaron los pesos al nacer de las crías y se tuvo que hacer un ajuste a 205 días; utilizando un peso promedio al nacer de 40 Kg. CC no presentó diferencia significativa ($P > .05$) para vacas lactantes, vaquillas y vacas gestantes

respectivamente. PC en vacas lactantes y gestantes no hubo diferencia significativa ($P>.05$) debido a que las diferencias entre las medias del testigo y tratamiento son mínimas 5.21 y 5.13 por ciento de PC y 5.23 y 5.22 por ciento de PC respectivamente (cuadro 4.1). En vaquillas se presentó una diferencia significativa ($P<.01$) para el grupo testigo posiblemente debido a un efecto de carga animal en la pasta. En cuanto a MOD se presentó una diferencia significativa ($P<.01$) para vacas lactantes y gestantes respectivamente mientras que para vaquillas no se presentó diferencia significativa ($P>.05$).

Cuadro 4.1 Análisis de heces fecales por medio del NIRS para predecir la calidad de la dieta del ganado en pastoreo en condiciones de agostadero.								
Fecha de muestreo		25/01/02	09/02/02	22/02/02	09/03/02	21/03/02	06/04/02	06/04/02
Periodo de muestreo		1	2	3	4	5	6	7
L A C T A N T E S								
Trata- miento	PC (%)	4.85	5	5.08	4.5	5.3	5.5	5.71
	MOD(%)	55.03	56.17	57.35	61.48	55.86	56.5	56.52
Testigo	PC (%)	5.12	3.9	5.22	3.86	7.6	6.38	4.45
	MOD (%)	53.58	54.41	54.72	54.87	56.46	57.72	59.6
G E S T A N T E S								
Trata miento	PC (%)	4.04	4.15	5.31	6.3	4.18	7.39	
	MOD (%)	57.47	59.17	59.71	56.88	58.79	62.12	
Testigo	PC (%)	3.35	6.53	5.33	5.41	4.73	6.07	
	MOD (%)	58.61	56.28	55.01	55.81	55.44	55.17	
V A Q U I L L A S								
Trata miento	PC (%)	4.88	5.11	4.23	5.25	4.49	4.89	8.28
	MOD (%)	55.75	56.23	56.73	55.8	55.23	59.03	60.49
Testigo	PC (%)	6.39	3.72	6.02	5.46	5.36	11.74	7.08
	MOD (%)	55.05	55.12	55.16	55.16	55.62	62.89	58.47

Fuente: Bautista, 2002; Reyes, 2002; Zaleta, 2003.

PC = Proteína Cruda; MOD = Materia Orgánica Digestible

Por otro lado, los datos que se muestran en el cuadro 4.2 son los resultados obtenidos después de introducir al NUTBAL la información a

cerca de las características del rancho utilizado (condiciones del terreno) y de los animales en estudio (edad, sexo, raza, estado fisiológico, condición corporal, frame score, etc), calidad de la dieta (Cuadro 4.1), suplemento proteico y variables climatológicas (apéndice A).

La suplementación proteica es una práctica común en ganado de carne pastoreando forrajes de baja calidad. Esta se realiza para incrementar la ganancia de peso en ganado en crecimiento y para mejorar el mantenimiento, peso y condición corporal de vacas adultas durante el pastoreo en época de invierno (Clanton, 1982; Hennessy et al. 1983).

Cuadro 4.2 Recomendación del NUTBAL para suplementación de bovinos en agostadero en época de invierno. Rancho “La Salada”								
Periodo de Muestreo		1	2	3	4	5	6	7
LACTANTES								
Consumo de PC (Kg)		0.599	0.630	0.642	0.653	0.669	0.698	0.689
Requerimiento (Kg)		0.874	0.878	0.876	0.872	0.865	0.858	0.850
Balance (Kg)		-0.276	-0.249	-0.234	-0.218	-0.196	-0.160	-0.161
Consumo de ENm (Mcal/Kg)		11.730	12.539	13.065	16.570	12.702	13.146	12.480
Requerimiento (Mcal/Kg)		12.746	13.080	14.211	13.548	12.993	13.146	13.727
Balance (Mcal/Kg)		-1.017	-0.541	-1.146	3.023	-0.291	0.000	-1.246
Suplementación (Kg)		4.331	4.017	4.018	3.535	3.436	3.026	3.294
Proporción en la ración	1	3.359	3.330	2.884	3.535	2.995	0.226	2.232
	2	0.972	0.687	1.134	0.000	0.442	2.800	1.062
GESTANTES								
Consumo de PC (Kg)		0.563	0.586	0.698	0.758	0.567	0.972	
Requerimiento (Kg)		0.819	0.812	0.805	0.799	0.794	0.785	
Balance (Kg)		-0.256	-0.226	-0.107	-0.041	-0.227	0.187	
Consumo de Enm (Mcal/Kg)		14.819	15.835	15.582	13.526	14.972	17.430	
Requerimiento (Mcal/Kg)		12.636	12.550	13.483	12.464	12.498	12.492	
Balance (Mcal/Kg)		2.183	3.285	2.098	1.063	2.474	4.937	
Suplemento (Kg)		3.504	3.239	2.126	1.442	3.246	0.000	
VAQUILLAS								
Consumo de PC (Kg)		0.324	0.346	0.291	0.366	0.322	0.354	0.654
Requerimiento (Kg)		0.489	0.499	0.509	0.519	0.529	0.539	0.550
Balance (Kg)		-0.165	-0.153	-0.218	-0.153	-0.207	-0.185	0.104
Consumo de Enm (Mcal/Kg)		5.617	6.011	5.586	6.269	5.936	6.270	9.564
Requerimiento (Mcal/Kg)		7.165	7.379	8.584	7.801	8.009	8.215	9.458
Balance (Mcal/Kg)		-1.548	-1.368	-2.997	-1.531	-2.073	-1.945	0.044
Suplementación (Kg)		3.006	2.869	3.785	2.908	3.496	3.275	0.00
Proporción en la ración	1*	1.774	1.755	1.485	1.697	1.889	1.782	0.00
	2**	1.232	1.115	2.300	1.211	1.607	1.493	0.00

*1 Suplemento utilizado

**2 Sorgo grano 8% PC

Recomendaciones de suplementación proteica en época de invierno

Con la utilización del NUTBAL se puede observar (cuadro 4.2) que la cantidad de suplemento ofrecido (1.3 kg y 1 kg para vacas lactantes, gestantes y vaquillas respectivamente) no cubrió las necesidades de nutrientes durante el periodo de observación, por lo que se debió proporcionar más de lo ofrecido; además el NUTBAL sugiere haber añadido un ingrediente en la dieta que proporcionaría energía (Sorgo grano 8 por ciento PC) para el caso de vacas lactantes y vaquillas.

En la alimentación de bovinos en pastoreo, la total dependencia de los factores climáticos principalmente la temperatura y la precipitación afectan considerablemente la productividad del animal en particular y la rentabilidad de la empresa; Durante el año la calidad de la dieta que los animales consumen en el agostadero varia mucho (Cuadro 4.1), como se puede observar, los animales engordan en periodos de buen forraje y pierden condición corporal en épocas de sequía o heladas, por lo que es necesario el uso de nuevas técnicas que ayuden a monitorear la calidad de la dieta y a tomar decisiones de suplementación que podrían permitir tener mejores índices productivos y reproductivos.

Normalmente los programas de suplementación para ganado en pastoreo se basan en una cantidad fija de nutrientes y de acuerdo al

estado fisiológico y nivel de producción del animal, no tomando en cuenta los cambios estacionales de calidad del forraje que modifican la selección de la dieta y que afectan al consumo (Villalobos, 2000).

En el periodo de muestreo 4 y 6 (Cuadro 4.2) no era necesaria la suplementación de energía para el caso de vacas lactantes; Para las vacas gestantes en el periodo 6 (Cuadro 4.2) no era necesario proporcionar el suplemento y en el caso de vaquillas en el periodo de muestreo 7 (Cuadro 4.2) lo mismo se observa debido a las favorables condiciones climáticas.

Para los demás periodos de muestreo (Cuadro 4.2) la cantidad de suplemento que se debió ofrecer es variable, sin embargo, proporcionar alrededor de tres a cuatro kg de suplemento por animal por día (puesto que la condición corporal de los animales estaba en tres, en escala de uno a nueve) deja de ser redituable para cualquier empresa ganadera en sistema extensivo.

Díaz et al. (2003) mencionan que proporcionar suplemento alimenticio al ganado en pastoreo puede ayudar a mantener alta producción animal y alta carga animal, pero ésta práctica puede producir sobre pastoreo que como consecuencia afectará las condiciones del rancho.

Grings et al. (1994) investigaron la respuesta del ganado de carne en crecimiento a la suplementación proteica; reportaron que el consumo de materia orgánica, digestibilidad de la materia orgánica del forraje y la ganancia diaria de peso tendió a incrementar en función de la calidad de la dieta consumida más el suplemento proteico suministrado. Concluyen que los resultados de este estudio muestran que la suplementación proteica puede ser benéfica para el ganado en crecimiento en pastoreo y que el incremento en ganancia de peso puede suceder sin un incremento asociado en consumo de forraje. No obstante, ésta respuesta puede ser limitada si la disponibilidad o calidad del forraje es disminuida debido a la sequía.

Si la frecuencia de suplementación puede ser disminuida sin efectos desfavorables, se pueden realizar ahorros vía reducción de trabajo y costos de alimentación (Beaty et al., 1994).

La adición de un suplemento proteico a la dieta, al parecer incrementa el valor nutritivo del forraje de agostaderos de baja calidad nutritiva, además de su digestibilidad, esto hace que se incremente el consumo debido a una tasa de pasaje ruminal; sin embargo no es bien utilizado en circunstancias de bajo consumo energético (Ramírez, 2003).

Ramírez et al. (1995) mencionan que el consumo total de Materia Orgánica y Proteína Cruda se incrementa conforme aumenta el nivel de suplementación energética; Beaty et al. (1994) concuerda diciendo que para el ganado que está consumiendo forraje de baja calidad es muy importantes asegurar que exista un adecuado balance entre proteína y energía para mantener la utilización de forraje.

Así mismo Del Curto et al. (1990) mencionan que la suplementación proteica aumenta el consumo y utilización del forraje (<3% PC); además la suplementación energética sin una adecuada disponibilidad de proteína disminuye el consumo y la digestibilidad.

Villalobos (2000), señala que el desbalance en la sincronización de energía y nitrógeno en el rumen puede dar como resultado una reducción en la producción de proteína microbial y como consecuencia de esto, disminuir el consumo de forraje y afectar negativamente en el rendimiento de los animales en pastoreo.

V Conclusiones

- Con el monitoreo continuo del agostadero mediante el uso del NIRS se puede detectar a tiempo el cambio en la calidad de la dieta que consumen los animales y conjugado con el NUTBAL se puede evaluar el estado nutricional y rendimiento futuro de dichos animales, además de tomar decisiones tales como reducir carga animal o rotar a los animales de un potrero con dieta de baja calidad nutritiva a otro mejor.
- El uso del sistema NIRS/NUTBAL en el manejo de ganado en pastoreo permite tomar decisiones mejor fundamentadas que pueden evitar la sub y sobre suplementación.
- Permite asegurar las necesidades nutricionales encontradas para optimizar la reproducción y producción de leche y carne en vacas en libre pastoreo.

VII LITERATURA CITADA

Bautista, H. M. A. 2002. Efecto de la suplementación proteica y la utilización del Sistema de Espectroscopia de Reflexión Infrarroja En heces, en vacas lactantes bajo condiciones comerciales en agostadero. Tesis Maestría. UAAAN. Saltillo Coahuila México.

Beaty, J. L., R. C. Cochran , B. A. Lintzen, E. S. Vanzant , J. L. Morril, R. T. Brandt, And D. E. Johnson. 1994. Effect of frequency of supplementation and protein concentration in supplements on performance and digestion characteristics of beef cattle consuming low quality forages. J. Anim. Sci. 72:2475-2484

C N A. 2002. Estación Climatológica de Zaragoza. Gerencia estatal de Coahuila; Subgerencia de ingeniería y apoyo técnico; Depto. de hidrometría y climatología.

Coates, D. B. 2000. Faecal NIRS – What does it offer today's grazer?. Tropical grasslands 34:230-239.

Clanton, D. C. 1982. crude protein in range supplements. Citado por: Del Curto T., R. C. Cochran, D. L. Harmon, A. A. Beharca, K. A. Jacques, G. Towne and E. S. Vanzant. 1990. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: I. Influence of varying supplemental protein and (or) energy level on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. J Anim. Sci. 68: 515- 531.

COTECOCA. 1979. Coeficientes de agostaderos de Coahuila. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. p 34.

Cozzolino, D. 1998. Aplicación de la tecnología del NIRS para el análisis de calidad de los productos agrícolas. Serie Técnica INIA 97.

De Alba, J. 1980. Alimentación del ganado en América latina. Cuarta reimpresión. Editorial " La prensa Mexicana". México D. F.

Del Curto, T., R. C. Cochran, D. L. Harmon, A. A. Beharka, K. A. Jacques, G. Towne and E. S. Vanzant. 1990. Supplementation of dormant taalgrass-praire forage: I. Influence of varying supplemental protein (or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. J. Anim. Sci. 515-531.

Díaz, S. H., M. M. Kothmann, W. T. Hamilton and W. E. Grant. 2003. A simple ecological sustainability simulator (SESS) for stocking rate management on semi - arid grazinglands. Agricultural systems. 76: 655 – 680.

Eilers, J. (2002) A Survey analysis of the use of nirs/nutbal to assess the nutritional requirements of free-ranging herbivore en: http://cnrit.tamu.edu/ganlab/Research/national_nracs_survey.htm

Ferrel, C. L. 1982. Effects of post weaning rate of gain on onset of puberty and reproductive performance of heifers of different breeds. J. Anim. Sci. 55: 1272- 1283

Gill, G.S. and F.R. Allaire. 1976. Relationship of age at first calving, days open, days dry, and herd life to a profit function for dairy cattle. J. Dairy Sci. 59:1131

Gregory, K. E., L. V Cundiff, and R. M. Koch. 1992. Breed effects and heterosis on milk yield and 200 day weight in advanced generations of composite populations of beef cattle. J. Anim. Sci. 70: 2366 - 2372

Grings, E. E. , D. C. Adams, R. E. Short. 1994. Protein supplementation of stocker cattle in the Northern Great Plains. Journal of Range Management 47: 303-307.

Hennessy, D. W., P. J. Williamson, J. V. Nolan, T. J. Kempton and R. A. Leng. 1983. The roles of energy or protein-rich supplements in the subtropics for young cattle consuming basal diets that are low in digestible energy and protein. J. Agr. Sci. (Camb.). 100-657.

Houghton, P. L., R. P. Lemenager, K. S. Hendrix, G. E. Moss and T. S. Stewart. 1990. Effects of body composition, pre and post partum energy intake and stage of production on energy utilization by beef cows. J. Anim. Sci. 1447- 1456.

Hunnicult, 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.

INEGI. 2004. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Disponible en: <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/MTDM15000200010004001000100012>

Laurenz, J. C., F. M. Byers, G. T. Schelling and L. W. Greene. 1992. Periodic changes in body composition and in priorities for tissue storage and retrieval in mature beef cows. J. Anim. Sci. 70: 1959-1958.

López, R. T., 2003, Alimentación de rumiantes en pastoreo, apuntes de clase, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila; México.

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.

Patterson, D. J., L. R. Corah, J. R. Brethour, M. F. Spire, J. J. Higgins, G. H. Kiracote, J. S. Stevenson and D. D. Simms. 1991. Evaluation of reproductive traits in bos Taurus and bos indicus crossbred heifers: Effects of of post weaning energy manipulation. J. Anim. Sci. 69: 2349-2361.

Pope, L.S.; D. Stephens, R. D. Humphrey, R. Macvicar y O. B. Ross. (S/F). Wintering and fattening steers on native grass. Citado por: De Alba J. 1980. Alimentación del ganado en América latina. Cuarta reimpresión. Editorial " La prensa Mexicana". México D. F.

Martín, L. C., J. S. Brinks, R. M. Bourdon, and L. V. Cundiff. 1992. Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. J. Anim. Sci. 70: 4006 - 4017

Mendoza, J. M. 1983. Diagnostico climático para la zona de influencia inmediata de la U.A.A.A.N. Editorial U.A.A.A.N. Saltillo Coahuila México P 81

Moir, K. W. 1960. Nutrition of grazing cattle. Citado por De Alba en: Alimentación del ganado en América latina. Segunda edición. Editorial “La prensa Mexicana”. México D. F. p 187-233

Nutritional Balance Analyzer. 1996. A Decision tool for the nutritional management of grazing livestock. Ranching system group, College Station Texas USA.

National Research council. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. Seventh rev. Ed. National Academy Press. Washington, D. C. USA

Ramírez, L. R. G. 2003. Nutrición de Rumiantes: Sistemas extensivos. Primera edición. Editorial trillas. México D. F. Pp 149-158.

Ramirez, L. R. G. Et al. 1995. performance of sheep grazing in a buffelgrass pasture and estimation of their maintenance and energy requirements for growth, en Nutrición de Rumiantes: Sistemas extensivos. 2003. Pp149-158.

Reyes, H. C. A. 2002. Efecto de la suplementación proteica y la utilización del sistema de espectroscopia de reflexión infrarroja en heces, en vaquillas bajo condiciones de agostadero. UAAAN. Tesis Maestría. Saltillo Coahuila México.

SAGARPA. 2003. Producción de carne de bovino en México. Disponible en:
<http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/probov9601.htm>

Shane, H. D. 2002. Determining the nutritional status of mature beef cows. Thesis of master degree. Virginia Polytechnic Institute. Virginia State U.S.A.

Short, R. E. And R. A. Bellows. 1971. Relationships among weight gains, age at puberty and reproductive performance in heifers. J. Anim. Sci. 32: 127-131

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

Stuth, J. and D. Tolleson. 2000. Monitoring the nutritional status of grazing animals using near infrared spectroscopy. Compendium on continuing Education for the Practicing Veterinarian.

Stuth, W. J. and D. Tolleson. (2001). Range management for optimal beef cow fertility. Department of rangeland ecology and management. Texas A & M University College Station Texas.

The GAN Lab. 2001a. Manual de soporte técnico. Manual de soporte técnico para el sistema de manejo nutricional NIRS/NUTBAL.

Disponible en:

http://cnrit.tamu.edu/ganlab/Program/Spanish/manual_de_soporte.htm

The GAN Lab. 2001b. The salesman's tool kit for livestock nutrition. Animal Industries Bldg. Texas A & M University. Texas U. S. A.

The GAN Lab. 2001c. Nutritional management for grazing livestock on pasture and rangeland. Animal Industries Bldg. Texas A & M University. Texas U. S. A.

The GAN Lab. 2001d. NUTBAL Pro Software. What can NUTBAL Pro Tell You? Disponible en:

http://cnrit.tamu.edu/ganlab/Software/nutbal_pro_software.htm

Tudor, G. D. 1972: The effect of pre- and post- natal nutrition on the growth of beef cattle. I. The effect of nutrition y parity of the dam on calf birth weight. Citado por: National Research council. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. Seventh rev. Ed. National Academy Press. Washington, D. C. USA

Villalobos, G. C. 2000. Interrelación de suplementos proteicos y energéticos con la calidad de forraje de animales en pastoreo, en VIII congreso internacional de nutrición animal. Univ. Aut. Chihuahua. Pp 03-44.

Volesky, D. J. and S. W. Coleman. 1996. Estimation of botanical composition of esophageal extrusa samples using near infrared reflectance spectroscopy. Journal of range management 49:163-166

White, L. D. and C. Richardson (S/F). ¿Cuanto forraje tiene su potrero?. Cooperativa de extensión de Texas. El sistema universitario de Texas A & M.

Zaleta, F. J. A. 2003. Efecto de la suplementación proteica en vacas gestantes en época de invierno y determinación del perfil nutritivo del agostadero por medio del sistema de Espectroscopia de reflexión infrarroja (NIRS). Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo Coahuila México.

APÉNDICE A

Datos climatológicos

Información de temperatura y precipitación durante el periodo de investigación.

FUENTE: CNA (2002), Gerencia estatal coahuila. Estación meteorológica de Zaragoza, Coah.

Mes Diciembre 2001						Mes Enero 2002					
DIA	MAX. °C	MIN. °C	MED. °C	OSC. °C	LLUV mm.	DIA	MAX. °C	MIN. °C	MED. °C	OSC. °C	LLUV mm.
1	15.0	6.0	10.5	9.0	0.0	1	9.0	4.0	6.5	5.0	0.0
2	18.0	13.0	15.5	5.0	5.0	2	8.0	4.0	6.0	4.0	0.0
3	21.0	12.0	16.5	9.0	Inap.	3	15.0	-1.0	7.0	16.0	0.0
4	25.0	18.0	21.5	7.0	Inap.	4	17.0	-3.0	7.0	20.0	0.0
5	24.0	18.0	21.0	6.0	0.0	5	20.0	5.0	12.5	15.0	0.0
6	29.0	18.0	23.5	11.0	0.0	6	24.0	5.0	14.5	19.0	0.0
7	25.0	16.0	20.5	9.0	0.0	7	25.0	4.0	14.5	21.0	0.0
8	14.0	12.0	13.0	2.0	12.0	8	28.0	2.0	15.0	26.0	0.0
9	14.0	8.0	11.0	6.0	8.0	9	30.0	5.0	17.5	25.0	0.0
10	20.0	2.0	11.0	18.0	0.0	10	23.0	7.0	15.0	16.0	0.0
11	14.0	9.0	11.5	5.0	1.0	11	20.0	11.0	15.5	9.0	0.0
12	17.0	10.0	13.5	7.0	0.0	12	24.0	4.5	14.3	19.5	0.0
13	20.0	10.0	15.0	10.0	0.0	13	25.0	5.0	15.0	20.0	0.0
14	21.0	3.0	12.0	18.0	0.0	14	25.0	3.0	14.0	22.0	0.0
15	18.0	8.0	13.0	10.0	Inap.	15	26.0	7.0	16.5	19.0	0.0
16	19.0	11.0	15.0	8.0	1.5	16	25.0	9.0	17.0	16.0	0.0
17	25.0	6.0	15.5	19.0	0.0	17	23.0	9.0	16.0	14.0	1.0
18	22.0	5.0	13.5	17.0	0.0	18	19.0	12.0	15.5	7.0	Inap.
19	24.0	7.0	15.5	17.0	0.0	19	21.0	14.0	17.5	7.0	0.0
20	22.0	2.0	12.0	20.0	0.0	20	25.0	8.0	16.5	17.0	0.0
21	24.0	4.5	14.3	19.5	0.0	21	24.0	8.0	16.0	16.0	0.0
22	25.0	7.0	16.0	18.0	0.0	22	33.0	13.0	23.0	20.0	0.0
23	25.0	5.0	15.0	20.0	0.0	23	27.0	14.0	20.5	13.0	0.0
24	17.0	2.0	9.5	15.0	0.0	24	19.0	12.0	15.5	7.0	0.0
25	19.0	2.0	10.5	17.0	0.0	25	22.0	5.0	13.5	17.0	0.0
26	22.0	0.0	11.0	22.0	0.0	26	24.0	6.0	15.0	18.0	0.0
27	24.0	-5.0	9.5	29.0	0.0	27	30.0	4.0	17.0	26.0	0.0
28	26.0	5.0	15.5	21.0	0.0	28	33.0	6.0	19.5	27.0	0.0
29	19.0	5.0	12.0	14.0	0.0	29	30.0	13.0	21.5	17.0	0.0
30	13.0	0.0	6.5	13.0	0.0	30	33.0	17.0	25.0	16.0	0.0
31	15.0	0.0	7.5	15.0	0.0	31	23.0	13.0	18.0	10.0	0.0
MED	20.52	7.08	13.80	13.44	0.98	MED	23.55	7.27	15.41	16.27	0.03

Información de temperatura y precipitación durante el periodo de investigación.

FUENTE: CNA (2002), Gerencia estatal coahuila. Estación meteorológica de Zaragoza, Coah.

Mes Febrero 2002						Mes Marzo 2002					
DIA	MAX. °C	MIN. °C	MED. °C	OSC. °C	LLUV mm.	DIA	MAX. °C	MIN. °C	MED. °C	OSC. °C	LLUV mm.
1	18.0	7.0	12.5	11.0	0.0	1	29.0	12.0	20.5	17.0	0.0
2	17.0	3.0	10.0	14.0	0.0	2	13.0	5.0	9.0	8.0	0.0
3	20.0	9.0	14.5	11.0	0.0	3	13.0	-2.0	5.5	15.0	0.0
4	19.0	10.0	14.5	9.0	Inap.	4	20.0	-2.0	9.0	22.0	0.0
5	13.0	10.0	11.5	3.0	1.0	5	24.0	-1.0	11.5	25.0	0.0
6	20.0	10.0	15.0	10.0	0.0	6	31.0	10.0	20.5	21.0	0.0
7	26.0	2.0	14.0	24.0	0.0	7	32.0	11.0	21.5	21.0	0.0
8	28.0	3.0	15.5	25.0	0.0	8	33.0	14.0	23.5	19.0	0.0
9	26.0	5.0	15.5	21.0	0.0	9	24.0	15.0	19.5	9.0	0.0
10	17.0	9.0	13.0	8.0	0.0	10	20.0	10.0	15.0	10.0	1.0
11	21.0	0.0	10.5	21.0	0.0	11	32.0	7.0	19.5	25.0	0.0
12	23.0	4.0	13.5	19.0	0.0	12	34.0	10.0	22.0	24.0	0.0
13	21.0	6.0	13.5	15.0	0.0	13	34.0	10.0	22.0	24.0	0.0
14	26.0	3.5	14.8	22.5	0.0	14	40.0	11.0	25.5	29.0	0.0
15	24.0	8.0	16.0	16.0	0.0	15	36.0	13.5	24.8	22.5	0.0
16	25.0	6.0	15.5	19.0	0.0	16	28.0	15.0	21.5	13.0	0.0
17	26.0	5.0	15.5	21.0	0.0	17	32.0	15.0	23.5	17.0	0.0
18	26.0	6.0	16.0	20.0	0.0	18	32.0	20.0	26.0	12.0	0.0
19	27.0	15.0	21.0	12.0	0.0	19	27.0	20.0	23.5	7.0	0.0
20	29.0	13.0	21.0	16.0	0.0	20	25.0	11.0	18.0	14.0	0.0
21	28.0	12.0	20.0	16.0	0.0	21	28.0	9.0	18.5	19.0	0.0
22	31.0	11.0	21.0	20.0	0.0	22	21.0	5.0	13.0	16.0	0.0
23	30.0	11.0	20.5	19.0	0.0	23	28.0	3.0	15.5	25.0	0.0
24	33.0	8.0	20.5	25.0	0.0	24	38.0	11.0	24.5	27.0	0.0
25	32.0	7.0	19.5	25.0	0.0	25	30.0	17.0	23.5	13.0	0.0
26	9.0	5.0	7.0	4.0	0.0	26	28.0	13.0	20.5	15.0	0.0
27	17.0	-5.0	6.0	22.0	0.0	27	30.0	12.0	21.0	18.0	0.0
28	20.0	0.0	10.0	20.0	0.0	28	33.0	11.0	22.0	22.0	0.0
						29	34.0	15.0	24.5	19.0	0.0
						30	35.0	16.0	25.5	19.0	0.0
						31	32.0	17.0	24.5	15.0	0.0
MED	23.3	6.6	14.9	16.7	0.0	MED	28.90	10.76	19.83	18.15	0.03

Información de temperatura y precipitación durante el periodo de investigación.

Mes Abril 2002						Mes Mayo 2002					
DIA	MAX. °C	MIN. °C	MED. °C	OSC. °C	LLUV mm.	DIA	MAX. °C	MIN. °C	MED. °C	OSC. °C	LLUV mm.
1	34.0	13.0	23.5	21.0	0.0	1	40.0	24.0	32.0	16.0	0.0
2	38.0	17.0	27.5	21.0	0.0	2	43.0	23.0	33.0	20.0	0.0
3	20.0	15.0	17.5	5.0	0.0	3	43.0	24.0	33.5	19.0	0.0
4	26.0	15.0	20.5	11.0	0.0	4	41.0	25.0	33.0	16.0	0.0
5	19.0	15.0	17.0	4.0	1.0	5	42.0	24.0	33.0	18.0	0.0
6	24.0	16.0	20.0	8.0	6.0	6	40.0	26.0	33.0	14.0	0.0
7	38.0	17.0	27.5	21.0	0.0	7	40.0	22.0	31.0	18.0	0.0
8	34.0	17.0	25.5	17.0	0.0	8	40.0	23.0	31.5	17.0	0.0
9	33.0	17.0	25.0	16.0	0.0	9	38.0	24.0	31.0	14.0	0.0
10	36.0	17.0	26.5	19.0	0.0	10	38.0	24.0	31.0	14.0	0.0
11	38.0	17.0	27.5	21.0	0.0	11	37.0	24.0	30.5	13.0	0.0
12	39.0	18.0	28.5	21.0	0.0	12	38.0	24.0	31.0	14.0	Inap.
13	34.0	20.0	27.0	14.0	27.0	13	24.0	20.0	22.0	4.0	0.0
14	34.0	19.0	26.5	15.0	44.0	14	30.0	19.0	24.5	11.0	0.0
15	30.0	18.0	24.0	12.0	1.0	15	33.0	19.0	26.0	14.0	Inap.
16	38.0	20.0	29.0	18.0	0.0	16	29.0	19.0	24.0	10.0	0.0
17	35.0	22.0	28.5	13.0	0.0	17	30.0	19.0	24.5	11.0	0.0
18	35.0	23.0	29.0	12.0	0.0	18	32.0	20.0	26.0	12.0	0.0
19	36.0	22.0	29.0	14.0	0.0	19	33.0	18.0	25.5	15.0	0.0
20	37.0	23.0	30.0	14.0	0.0	20	32.0	16.0	24.0	16.0	0.0
21	37.0	24.0	30.5	13.0	0.0	21	32.0	18.0	25.0	14.0	0.0
22	36.0	22.0	29.0	14.0	0.0	22	35.0	22.0	28.5	13.0	0.0
23	35.0	23.0	29.0	12.0	Inap.	23	36.0	22.0	29.0	14.0	0.0
24	38.0	24.0	31.0	14.0	0.0	24	38.0	21.0	29.5	17.0	0.0
25	40.0	21.0	30.5	19.0	0.0	25	33.0	26.0	29.5	7.0	2.0
26	40.0	22.0	31.0	18.0	0.0	26	35.0	20.0	27.5	15.0	0.0
27	35.0	21.0	28.0	14.0	0.0	27	37.0	25.0	31.0	12.0	Inap.
28	40.0	23.0	31.5	17.0	0.0	28	34.0	24.0	29.0	10.0	0.0
29	40.0	20.0	30.0	20.0	0.0	29	40.0	22.0	31.0	18.0	0.0
30	39.5	24.0	31.8	15.5	0.0	30	43.0	25.0	34.0	18.0	0.0
						31	39.0	26.0	32.5	13.0	0.0
MED	34.62	19.50	27.06	15.12	2.72	MED	36.29	22.19	29.24	14.10	0.07

FUENTE: CNA (2002), Gerencia estatal coahuila. Estación meteorológica de Zaragoza, Coah.

