

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**EFECTO DE LA CALIDAD DEL PASTIZAL Y CLIMA SOBRE LA
CONDICIÓN CORPORAL DE BOVINOS UTILIZANDO EL SISTEMA
NIRS/NUTBAL.**

Por

FIDEL ZEBADÚA MENDOZA

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Febrero del 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**EFFECTO DE LA CALIDAD DEL PASTIZAL Y CLIMA SOBRE LA
CONDICIÓN CORPORAL DE BOVINOS UTILIZANDO EL SISTEMA
NIRS/NUTBAL.**

Por

FIDEL ZEBADÚA MENDOZA

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador y aprobado como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

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

**Dr. Heriberto Díaz Solís
Sinodal**

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

**M. C. José Luis Berlanga Flores
Sinodal**

**Dr. Ramón F. García Castillo
Coordinador de la División de Ciencia Animal**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Febrero del 2007**

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la vida, y por nunca abandonarme en cada momento de mi existencia, por ser la fuerza que llevamos dentro para seguir adelante y enfrentarnos a nuevos retos y sobre todo por cada una de las pruebas a las que me ha sometido y que por muy difíciles que hayan sido jamás me ha dejado solo, espero seguir contando con su compañía y más que eso con su amor.

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por permitirme ser parte de ella, por ofrecerme los medios para superarme y otorgarme el honor de ser UN BUITRE DE LA NARRO, institución que por medio de los impuestos de nuestra población, me permitió a mí sí como muchos otros estudiantes culminar una carrera profesional. Una gran institución en un gran país, GRACIAS MÉXICO.

Al **M. Sc. Ricardo N. Silva Cerrón**, porque más que ser mi asesor fue mi tutor, gracias por todos y cada uno de sus regaños que en algún momento me incomodaron, pero sé que fue con la más pura intención de ayudarme, sinceramente gracias por ser la base de mi formación profesional, que más que técnica, la enseñanza fue ética, de valores y de compromisos, gracias por sus consejos y por enseñarme que los retos que antes me atemorizaban, ahora me motivan. Por todo eso y más usted se ha ganado mi respeto, estimación y mi eterna admiración, Dios lo bendiga a usted y a su familia.

Al **Dr. Heriberto Díaz Solís**, por su participación en la elaboración de esta investigación, así como sus acertadas observaciones y por el tiempo dedicado a mi asesoría, así como por haber sido uno de mis mejores maestros.

A la **M. C. Laura E. Padilla González**, por dedicación en la elaboración de este trabajo y a sus observaciones en la redacción del mismo. Por haberme

brindado la atención en las dudas acerca de temas de reproducción a pesar de nunca haber sido su alumno, muchas gracias.

A mis compañeros de tesis: **Daniel, Eduardo, Amando, Esteban y Gerardo**, quienes con su apoyo y ayuda logramos terminar este proyecto, gracias por su amistad y por las extrañas situaciones a las que en algún momento llegamos a vivir durante los muestreos

Al **M. C. José Luis Berlanga Flores**, por haber aceptado ser mi asesor, por la enseñanza transmitida en las aulas, y sobre todo por la disponibilidad de resolver inquietudes académicas, gracias por su amistad médico.

Al señor **Alfonso Ainslie**, dueño del rancho “La Salada”, al personal laboral José, Beto, Tío Lolito y Leocadio, por las facilidades y su invaluable apoyo para la realización del trabajo de campo. Así como al señor Emiliano encargado del rancho “San Antonio”, quien nos apoyó de igual manera.

A **Juanita**, secretaria del departamento de Producción animal, por el apoyo recibido en todo momento, sus consejos y por su invaluable amistad.

A la Familia **Ruíz Rodríguez** por hospitalidad y todas las facilidades brindadas durante mi estancia en el mpio. Cuatrociéngas Coah. Por haberme tratado como miembro de su familia, gracias Sr. Miguel, Sra. Andrea, Gloria, Adriana, Miguel, Ana, a la Sra. Guadalupe, Karina y a sus demás familiares que tuve el honor de conocer. A la familia **Alvizu Espinoza** por su brindarme las puertas de su casa y su valiosa amistad, gracias Aarón. A la familia del señor **Jesús Uvarios** por sus sabios consejos, su hospitalidad y por transmitirme su enseñanza y experiencia durante las faenas en el rancho La Herradura en Cuatrociénegas Coah. A la familia **Padilla González** por recibirme y “adoptarme” durante mi estancia en el corazón de Altos de Jalisco, el mpio. de Tepatitlán sinceramente agradezco la confianza de aceptar en su casa a un completo desconocido y brindarle la

ayuda que recibí de ustedes, saludos José Guadalupe. Gracias a toda esta gente que de muy buena intención influyeron en mi formación profesional, facilitándome hospedaje y alimentación para poder realizar mis prácticas profesionales y superarme, lo que hicieron por mi es un hermoso recuerdo de mi vida de estudiante de nunca olvidaré. Dios los bendiga a todos

Al Corporativo **Ampuero S.A. de C.V. S.P.R. de R.L.** por permitirme hacer mis prácticas profesionales en el Rancho al Herradura en Cuatrociénegas, por medio de Ing. Marco Antonio Huerta Moreno; y en el establo de Torreón Coah. Por medio del MVZ Ricardo Sujo Hurtado, al Ing. Jesús Timoteo de la Torre Santana, y a todo el personal laboral de esta gran empresa.

A todos mis compañeros de la generación CII de ingenieros Agrónomos Zootecnistas: Alermo, Leocadio, José Miguel, Durán, Moreno, Samuel, Chucho, Cutberto, Poli, Oseas, Javier, Lombard, Jarillo, Pimentel, Juanita, Elena, Silvia, More, Mundo, Diego, Temo, Gallardo, Mario, Gilberto, Benfor, Chava, Elvia, Faustino, Lupe, Alain, Armando, Simón, Leonel, Zaid, Freddy, Ricardo, etc. Por que con su compañía y amistad aminoraron el sentimiento de estar lejos de casa, además de reflexionar y aprender mucho de todos y cada uno de ustedes.

A mis paisanos: Rudy, Ramón, César, Nelson, Toño, David, Mario, Noé, Pancho, Simón, Michel, Monyn, Charito, Rafael, César (payasin), Roberto, Edgar, José Manuel, mano de fierro, Hilario, que con su relajo y sus ocurrencias hicieron que mi vida en Saltillo fuera más llevadera, gracias flota jarocho.

A mis compañeros de cuarto durante mi estancia en el internado UAAAN: mi hermano Rodrigo, Héctor, Alcaya, Lencho, Mario, Armando, Ney, Andrés, Alermo, Leocadio y Eudiel, que con el simple hecho de vernos diariamente para mi ya era motivo de alegría, poder convivir como una familia. Disculpen mi desorden en el cuarto pero alguien tenía que ser la oveja negra

DEDICATORIAS

A los caballeros y damas Galdino **Mendoza Domínguez, Fidel Zebadúa Sarmiento**, por que con su ejemplo de vida me enseñaron a valorar las cosas y a cumplir con nuestras responsabilidades, muchas gracias abuelitos.

A las damas **Crecencia Domínguez Escobedo y Jesús Grajales Yáñez** por que con su cariño y amor fueron parte fundamental en mi niñez, gracias abuelitas. Ojala pudieran verme ahora mis cuatro abuelitos, pero Dios sabe por hace las cosas, los quiero mucho.

A mi padre **Fidel T. Zebadúa Grajales**, por su dedicación a mi educación, por sus consejos, su atención y todo su cariño que me demostró desde siempre, a ti papá te dedico este trabajo como un pequeño fruto de todo tu esfuerzo que has hecho por mi y mis hermanos, te quiero mucho papá y agradezco a la vida por permitirnos vivir momentos bellos. Agradezco a Dios por haberte elegido como mi padre.

A mi mamá **Rosaura Mendoza Domínguez**, que con su inmenso amor eclipsó todo tipo de amargura en mi vida, nunca me dejaste sólo, todo ha sido felicidad a su lado. Admiro ese enorme sentido de responsabilidad, y la fiereza con la que se enfrentó a la vida para que a mis hermanos y a mi nunca nos faltara nada, gracias mamá por ser mi mamá.

A mi hermano mayor **René**, que con su simpatía y extensa cultura me enseñó a desenvolverme en diversos ambientes, lo admiro por esa forma tan peculiar con la que percibe la vida, con la mano izquierda ofrece una rosa a la familia, a Dios, a la nobleza, a la sinceridad, a la vida, a todo lo bello, abre su corazón a lo mejor de la vida: el amor; pero con la mano derecha tiene una espada que esconde detrás de su espalda, que es la garra, la casta, el coraje que saca cada vez que la situación se lo exige, cada vez que siente que nosotros como su familia estamos en algún problema, no duda en hacer

uso de su carácter para defendernos ante todo, gracias hermano. Estoy muy orgulloso de ser tu hermano, y cada día que pasa me gustaría más y mas poder tener un poco de esa firmeza que te distingue, esa misma cualidad fue la que te llevó al Panamericano de Tae Kwon Do en Anaheim California, a ser el 4to. Lugar mundial en Tae Kwon Do en Colorado Springs y muchas otras metas que te has fijado y que has arrasado. Nunca jamás dejes de bromear, de jugar, tus ocurrencias, que es esa chispa la que te conservará por muchos años. Te quiero mucho René, Teresita por favor cuidalo mucho, hazlo por mi.

A mi hermano **Rodrigo**, a mi mejor amigo Rodrigo, que siempre me ha acompañado desde la cuna, quien siempre ha estado ahí conmigo, a mi lado nunca te has separado de mi, quién jamás ha dejado de cuidarme desde el kinder hasta la Universidad, me enseñaste a andar en bicicleta, a manejar, etc. tu vida y la mía fácilmente pueden ser la misma. Pese a que aparentas ser tosco e impetuoso, yo que me considero ser la persona que más te conoce (22 años de estar juntos) se que tienes el corazón más tierno que haya conocido, una persona que toda su vida a cuidado a su hermanito es una persona ejemplar. Admiro tu deseo incesante de superación, tu alegría por la vida, la facilidad que tienes de relacionarte y tu corazón lleno de buenos deseos. Dios te prepara algo bueno para tí, no te desesperes (como siempre acostumbras) que pronto llegará el fruto a toda una vida de esfuerzos. Sinceramente te quiero mucho Rodrigo.

A mi hermana **Claudia**, quién con esa forma tan suya de ser, esa chispa, energía, no sé que la identifica ha llenado de alegría momentos muy agradables, aunque sean cortos pero muy especiales, cuidate hermanita y cuida mucho a palito (mi sobrinito).

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Pastoreo en zonas áridas y semiáridas	3
2.1.1 Sistemas de pastoreo	3
2.2 Carga animal y unidad animal	5
2.2.1 Permanencia en pasta	9
2.3 Condición corporal y su impacto en la producción del ganado en agostadero	11
2.4 Cambios de la calidad de la dieta del ganado en agostadero	16
2.4.1 Partes de la planta	16
2.4.2 Edad de las plantas	17
2.4.3 Grupo de plantas y estación del año	18
2.4.4 Sitios de pastizal	19
2.4.5 Compuestos antinutricionales	20
2.5 Importancia de la proteína y digestibilidad de la materia orgánica	21
2.6 Influencia de las condiciones ambientales sobre la proteína cruda del forraje y la condición corporal	23

2.6.1 Precipitación	23
2.6.2 Temperatura	25
2.6.3 Insolación	26
2.7 Uso del sistema de espectroscopia de reflexión cercana al infrarrojo (NIRS) en la predicción del valor nutritivo del forraje	27
2.7.1 Predicción de la calidad de la dieta	28
2.7.2 Predicción de las fracciones dietéticas de proteína usando tecnología NIRS	29
2.7.2 Procedimiento del análisis	35
2.8 Software analizador del Balance Nutricional (NUTBAL)	36
2.9 Programa NIRS/NUTBAL: sistema de monitoreo nutricional para ganado en pastoreo	38
3. MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1 Descripción del área de estudio	40
3.1.1 Ubicación geográfica	40
3.1.2 Clima	40
3.1.3 Suelo	41
3.1.4 Vegetación	42
3.1.5 Características del rancho	43
3.1.6 Sistema de producción del rancho	44
3.2 Materiales	46
3.2.1 Animales utilizados	46
3.2.1 Material de muestreo	46

3.3 Metodología	46
3.3.1 Calificación de la condición corporal	46
3.3.2 Colección de heces	47
3.3.3 Análisis de heces	48
3.3.4 Condiciones climáticas	49
3.3.5 Implementación del sistema de manejo nutricional NIRS/NUTBAL	49
3.3.6 Procedimiento experimental	50
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1 Calidad de la dieta	51
4.2 Variables climáticas	53
4.2.1 Precipitación pluvial	53
4.2.2 Temperatura	55
4.2.3 Insolación	56
4.3 Ecuación de regresión múltiple	58
4.4 Uso del software analizador del Balance Nutricional (NUTBAL)	61
5. CONCLUSIONES	63
6. LITERATURA REVISADA	64
7. APÉNDICES	72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 2.1. Equivalentes de Unidad Animal por especie y clase de Herbívoro basado en Demanda Animal.	6
Cuadro 2.2. Descripción de niveles de condición corporal.	12
Cuadro 2.3. Relación de CC al parto sobre el comportamiento reproductivo inmediato posterior.	14
Cuadro 2.4. Efecto de la condición corporal sobre el porcentaje de vacas preñadas.	15
Cuadro 2.5. Contenido de proteína y digestibilidad en forrajes nativos e introducidos de crecimiento de verano e invierno.	19
Cuadro 2.6. Proteína cruda y materia orgánica digestible de muestras de toretes fistulados y de heces fecales a través de química húmeda y NIRS.	33
Cuadro 3.1. Plantas forrajeras consumidas por el ganado en el rancho La Salada.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 2.1. Crecimiento sigmoidal del forraje.	9
Figura 2.2. Comparación del contenido de PC y MOD de muestras de toretes fistulados y de heces fecales vía Química Húmeda y NIRS (Tolleson, 2001).	34
Figura 2.3. Pruebas de laboratorio contra NIRS en plantas C ⁴ para proteína cruda. (Tolleson, 2001).	34
Figura 2.4. Calidad de la dieta de pastizales de Garfield Co. MT, USA (tolleson, 2001).	35
Figura 3.1. Ubicación geográfica del rancho “La Salada”.	40
Figura 3.2. Mapa del rancho La Salada.	44
Figura 4.1 Tendencia de la calidad de la dieta (PC y MOD) y su reflejo en la CC.	51
Figura 4.2 Tendencia de la precipitación total (PP TOT) y su reflejo en la CC.	53
Figura 4.3 Comportamiento de la temperatura media, la PC y CC.	55
Figura 4.4 Comportamiento de la Insolación, PC y CC.	57
Figura 4.5 Comparación de la CC real con la predicción del NUTBAL.	62

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería mexicana es de gran importancia para el sector agropecuario, debido a que la venta de becerros en pie a EUA representa una de las principales exportaciones, donde participan fuertemente ganaderos del Norte de México. En nuestro país existen alrededor de 1.4 millones de ranchos cuya cosecha anual es de 4.4 millones de becerros, de éstos, 1.4 millones se exportan anualmente a EUA, colocando a México en el séptimo lugar en producción mundial de carne de bovino (Ochoa, 2002). Dichos ranchos se encuentran principalmente en la zona árida y semiárida de México, con el 28.1% del inventario bovino nacional, y se genera el 27% del volumen total de carne bovina (FIRA, 1993).

La principal limitante para la ganadería en ésta región es la alimentación debido a las condiciones adversas que se presentan como escasez de las lluvias, la alta insolación y las temperaturas extremas que repercuten en la producción de materia seca de los pastizales y en su calidad nutricional. Determinar la dieta exacta que consume el ganado en agostadero es un desafío, y es aún mas determinar su calidad a causa de que el pastizal es un sistema dinámico, donde cambia su composición y calidad según la estación del año.

Investigadores han desarrollado nuevas tecnologías como el NIRS (Sistema de Espectroscopia de Reflexión Cercana al Infrarrojo, por sus siglas en inglés). Este puede predecir la calidad de la dieta con base en un análisis de heces fecales donde se determina Proteína Cruda (PC) y Materia

Orgánica Digestible (MOD) principalmente. El NIRS aunado a la calificación de la Condición Corporal (CC), ofrece información confiable del estado nutricional de los animales. Complementando esta información con datos meteorológicos e información del ganado, como el estado fisiológico, peso, raza, edad, etc., se introducen al Software Analizador del Balance Nutricional (NUTBAL). Los resultados de este proceso son las predicciones del comportamiento del ganado a 30 días, en cuanto a cambios de peso, el nutrimento limitante en el desempeño de los animales, y una recomendación de que suplemento ofrecer y la cantidad adecuada.

1.1 OBJETIVO

Determinar la relación entre la calidad nutricional del pastizal (análisis de heces), medida por el NIRS, las condiciones climáticas (precipitación, temperatura e insolación), y la condición corporal en agostadero. Así mismo se validara la condición corporal predicha utilizando el sistema NIRS/NUTBAL.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Pastoreo en zonas áridas y semiáridas.

La producción animal en pastoreo de zonas áridas, está limitada por la baja productividad de materia seca de la vegetación establecida. Los agostaderos son la principal fuente de forraje para el ganado doméstico y han sido el sustento de una gran diversidad de fauna silvestre (Hanselka y Archer, 1998). El recurso pastizal es base fundamental de la ganadería en las zonas áridas y semiáridas, su sustentabilidad se ve afectada directamente por la irregularidad de las condiciones climáticas (precipitación). Provocando que la mayor parte de las zonas sean áridas en lugar de semiáridas debido a que la transpiración es mayor a la precipitación (Hanselka *et al.*, 2002).

Hart (2000) afirma que el manejo del pastizal es indispensable en este tipo de zonas, por su fragilidad necesita de un trato muy especial para mejorar la producción. Dejar en los potreros la mayor cantidad posible de forraje durante la sequía es una alternativa. Hanselka *et al.* (2002) mencionan que el uso de una carga animal moderada, mantendrá los pastizales “saludables” y esto permitirá conservar la productividad con los años.

2.1.1 Sistemas de pastoreo.

Según el Instituto de Recursos Naturales (1999) el sistema de pastoreo depende predominantemente, de la productividad natural de

pasturas la cual está definida por la zona agroecológica. El mayor inconveniente climático en zonas áridas es el largo periodo de sequía que limita la producción vegetal. Los ecosistemas de zonas áridas se caracterizan por niveles de alta variabilidad en el régimen de lluvias (cantidad y distribución), trayendo por consecuencia:

- Baja productividad de biomasa en pasturas.
- Incertidumbre local sobre la disponibilidad de pasturas.
- Escasez de puntos de toma de agua.

Estos factores imponen un sistema de ganadería con pastoreo extensivo, con un alto grado de movilidad, siguiendo las pasturas y las fuentes de agua donde estén disponibles.

Según el Instituto de Recursos Naturales (1999), en las zonas semiáridas como el norte de Coahuila, el periodo de crecimiento de las plantas es de 75 a 180 días, que representa un factor vital para el diseño del sistema de pastoreo.

De acuerdo a Hanselka y Archer (1998), existen tres grupos básicos de sistemas de pastoreo de acuerdo a sus características:

- 1) Pastoreo continuo: Ha sido el método tradicional. Se hace un uso constante del forraje en una superficie determinada, a través del año o durante la mayor parte del periodo de crecimiento.
- 2) Rotación diferida: Han sido probados por más de 30 años. La mitad o más del total del terreno es pastoreada a un tiempo dado. El tiempo que un potrero es pastoreado, es igual o mayor al tiempo de descanso. Estos sistemas han probado ser

efectivos en términos de comportamiento del ganado y para el mejoramiento del pastizal (en el largo plazo).

- 3) Sistemas de pastoreo de corta duración: El ganado se concentra en menos de la mitad del área total, la duración de los periodos de descanso excede al tiempo de pastoreo. Se clasifican como “extensivos” o “intensivos”.

Para los ranchos del norte de México puede observarse con frecuencia el uso del subsistema de pastoreo rotacional intensivo, que incluye periodos de descanso de 20 a 60 días (Ibarra, 1990).

2.2 Carga animal y unidad animal

Se entiende la carga animal como la cantidad de unidades animales (UA) que apacentan determinada área, durante un año y se expresa como UA/ha/año (González *et al.*, 2000). Stoddart y Smith (1943) definen UA como una vaca de 1000 lb (454 kg) de peso vivo, no lactante o el equivalente en demanda animal de consumo de forraje potencial. En 1974 The Society for Range Management (La Sociedad de Manejo de Pastizales) definió la unidad animal, como una vaca madura de 1000 lb o su equivalente, basado en el promedio del consumo de forraje de 26 libras (11.8 kg) de materia seca por día.

La equivalencia animal (**Cuadro 2.1**), cuando es cuantificada como equivalente de unidad animal, provee medias de las necesidades de capacidad de pastoreo (Vallentine, 1990).

Cuadro 2.1. Equivalentes de Unidad Animal por especie y clase de Herbívoro basado en Demanda Animal^a.

Especie y clase de herbívoro	Equivalentes de Unidad Animal
Bovinos	
Toro maduro (≥ 24 meses, 771 kg promedio)	1.5
Toro joven (18-24 meses, 522 kg promedio)	1.15
Vaca y un par de becerros	1.35
Vaca madura, no lactante, (454 kg promedio)	1.0
Novilla preñada (18-24 meses, 397 kg promedio)	1.0
Añojos (18-24 meses, 397 kg promedio)	0.9
Añojos (15-18 meses, 340 kg promedio)	0.8
Añojos (18-24 meses, 283 kg promedio)	0.7
Becerras (destete a 12 meses, 227 kg promedio)	0.6
Becerras (destete a los 8 meses, 204 kg promedio)	0.5
Ovinos y caprinos	
Oveja y par de corderos	0.3
Gama y par crías	0.24
Oveja, madura, no lactante	0.2
Cabra, madura no lactante	0.17
Corderos destetados y crías	0.14
Otros animales	
Caballo de tiro (maduro)	1.15
Caballo de silla (maduro)	1.25
Bisonte (maduro)	1.0
Alce americano (maduro)	1.0
Alce (maduro)	0.65
Venado, mula (maduro)	0.23
Venado cola blanca (maduro)	0.17
Antílope (maduro)	0.17

^a Considérense todas las novillas de reemplazo y toros de 24 meses y más, novillas preñadas y no preñadas mayores a 18 meses, y reemplazos de ovinos y cabras de 12 meses y más, como maduras (adaptado de Vallentine *et al.*, 1984).

Fuente: Vallentine, 1990.

La carga animal depende de los requerimientos de materia seca de los animales, y de la disponibilidad de forraje durante el año. Así, la capacidad de carga, expresada como ha/UA/año, varía según la región, pudiendo ser para zonas áridas superior a 30 ha/UA/año, mientras que en praderas perennes de áreas húmedas puede ser de 1 ha/UA/año. Ejemplo

de ello es el bajo coeficiente de agostadero en los estados de Sonora y Baja California (70 ha/UA/año).

El sobrepastoreo es el resultado del abuso de los recursos forrajeros del pastizal, utilizando cargas superiores a las que éste puede soportar por un periodo prolongado. Se manifiesta en erosión, compactación de la tierra y menor cubierta vegetal. Un incremento de especies vegetales de escaso valor forrajero, que se caracterizan por ser poco apetecibles, menos nutritivas y poco seleccionadas por el ganado (López, 2003).

Winder *et al.* (2000), realizaron un estudio con ganado Brangus, evaluando el efecto de dos Cargas Animal diferentes (CA) de 40 ha/UA/año (carga conservadora) y 28 ha/UA/año (carga moderada) y el efecto de éstas en la productividad del agostadero, demostrando que las CA conservadoras tienen mejores respuestas animales que la moderada, lo que se observa en mayor ganancia diaria de peso y en la productividad general del rancho.

Con alguna frecuencia los ganaderos piensan que a mayor número de animales en su predio, mayores serán sus ingresos. (Holecheck et al., 2001). Resultados de investigación muestran que la productividad de un hato se maximiza al hacer un uso moderado del recurso pastizal (Falconer et al., 1999; Holecheck et al., 2001; Ortega y González, 1992). La productividad a largo plazo no debe afectarse por tratar de obtener ganancias en un corto plazo. Debe conservarse el funcionamiento de los pastizales de tal manera que se garantice su sustentabilidad. En ocasiones se da demasiada importancia al retorno económico del ganado y/o fauna silvestre en el corto plazo, en lugar de tratar de mantener los pastizales “saludables” con una

carga animal moderada que permita la productividad a través de los años (Hanselka et al., 2002).

Según Hanselka et al. (2001) se debe de mantener una carga animal basada en un consumo del 25% del forraje; si el ganado consume el 50% del forraje producido, hay un alto riesgo de degradación. En un buen programa de manejo, el 25% del total anual de producción de forraje lo consume el ganado; otro 25% se pierde por pisoteo, efectos climáticos, insectos y fauna silvestre; el restante 50% debe permanecer en el pastizal. Debido a que el plan anual de la carga animal se hace antes de que se produzca el total del forraje anual, se requieren muestreos a tiempo que permitan hacer los ajustes necesarios, y así evitar el sobre uso aún con una carga conservadora, en especial en años secos. White (1995) afirma que debe examinarse el forraje periódicamente, para tener la certeza de que hay suficiente alimento para llenar los requerimientos del ganado, y conservar el recurso pastizal.

González *et al.* (2000), mencionan que el reducir la carga animal total al 50%, es posible producir más carne de becerro destetado, con menor número de vientres. En un estudio estos investigadores encontraron que a pesar de que el peso total de becerros cosechados fue inferior, el porcentaje de destetes y el peso al destete (individual) aumentaron, incrementando la productividad total de kilogramo de becerro, de 46,992 kg que se cosechaban al inicio del estudio, a 58,905 kg al segundo año de evaluación. Se incrementó en 25% la producción de carne de becerro destetado.

Existe una relación bien establecida entre carga animal y producción de ganado. El comportamiento del ganado depende de la calidad y la cantidad de forraje ingerido. La cantidad ingerida es función de la cantidad disponible, mientras que la calidad es una función tanto de la calidad del forraje, como la habilidad del animal al seleccionar la dieta más nutritiva (White y Troxel, 2000).

2.2.1 Permanencia en pasta

Las plantas como cualquier otro organismo acumulan su producción en el tiempo en forma sigmoideal (**figura 2.1**), ésta acumulación de producción se caracteriza por un primer periodo de crecimiento lento (De Luna *et al.*, 2000). Cada uno de los periodos de crecimiento son similares entre especies (Voisin, 1994).

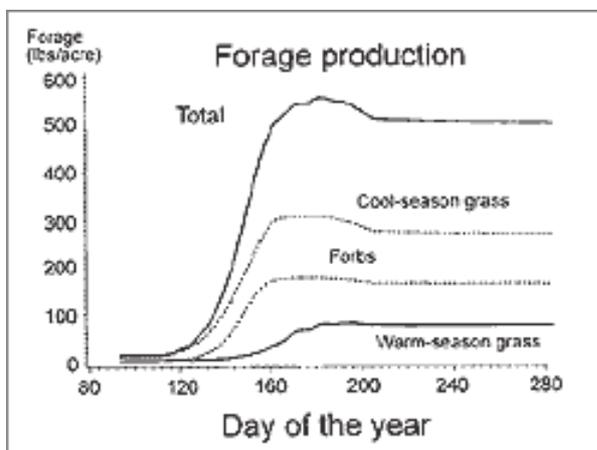


Figura 2.1. Crecimiento sigmoideal del forraje.
Fuente: Zaleski, 2007.

La vegetación constituye la fuente de producción primaria del ecosistema, es esencial la supervivencia de las plantas en una condición

vigorosa. Para que las plantas funcionen adecuada y eficazmente es necesario darle a la vegetación el tiempo suficiente para que puedan llevar a cabo su crecimiento normal. Permitted realizar: el máximo crecimiento y desarrollo del follaje y raíz, el reabastecimiento de sus reservas de carbohidratos, los procesos de ahijamiento y reproducción, y el establecimiento de nuevas pasturas (De Luna *et al*, 2000).

Voisin (1967) publicó hace más de 40 años, cuatro leyes acerca del tiempo de pastoreo. Basándose en tres variables que afectan la respuesta de las plantas al pastoreo: época (cuándo), frecuencia (cada cuándo), e intensidad (cuánto) de defoliación:

- Primera ley

Para que una hierba cortada por el diente del animal pueda dar su máxima productividad, es necesario que, entre dos cortes a dientes sucesivos, haya pasado el tiempo suficiente que permita a la hierba:

- a) Almacenar en sus raíces las reservas necesarias para un comienzo de rebrote vigoroso;
- b) Realizar su “llamarada de crecimiento” (o gran producción diaria por hectárea).

- Segunda Ley

El tiempo de ocupación de una parcela debe ser lo suficientemente corto para que una hierba cortada a diente el primer día del pastoreo, no sea cortada de nuevo por el diente de los animales antes de que éstos dejen la parcela. La planta debe ser consumida sólo una vez.

- Tercera Ley

Es necesario ayudar a los animales de exigencias alimenticias más elevadas para que puedan cosechar la mayor cantidad de hierba y que ésta sea de la mejor calidad posible.

- Cuarta Ley

Para que una vaca pueda dar rendimientos regulares, es preciso que no permanezca más de tres días en una misma parcela. Los rendimientos serán máximos si la vaca no permanece más de un día en una misma parcela (Voisin, 1967).

Livestock, Environment and Development Initiative (LEAD) y la FAO en 1999, declararon que el apacentamiento por periodos prolongados y la movilidad estacional provoca estancias prolongadas en el pastizal que ocasionarán sobrepastoreo.

2.3 Condición corporal y su impacto en la producción del ganado en agostadero.

La condición corporal (CC) es la cantidad de reservas energéticas corporales de los animales, indica el resultado de la calidad y cantidad de la dieta consumida, y del manejo que ha estado recibiendo. La calificación de la CC es una herramienta que permite a los ganaderos reaccionar a situaciones de estrés nutricional que afectan el comportamiento animal; y para realizar ajustes en la suplementación, o bajar las cargas animales para evitar las pérdidas en producción (Randel, 2002).

La condición corporal está positivamente correlacionada con el contenido de grasa medida con ultrasonido, cantidad de grasa en la 12^{ava} costilla o el porcentaje de grasa corporal (Gresham, 1986; Randel *et al.*, 2002). El sistema de medición de la condición corporal (**Cuadro 2.2**), esta basado en una numeración del 1 al 9, donde 1 es una animal extremadamente flaco y 9 es extremadamente obeso, ha sido probado en varios ambientes, y tiene una clara relación con el comportamiento reproductivo. A medida que la condición corporal disminuye, el comportamiento reproductivo disminuye, por lo que se ha encontrado que el óptimo grado de CC es igual o mayor que 5 (Randel, 2002).

Cuadro 2.2. Descripción de niveles de condición corporal.

	Escala	Descripción	Grasa en canal, %
Flaca	1	Estructura con huesos prominentes, músculos flácidos, depresión profunda abajo y alrededor de la cola.	0.7
	2	Estructura con huesos prominentes, músculos redondeados, depresión profunda abajo y alrededor de la cola.	5.0
	3	Se aprecian las costillas, músculos redondeados, no hay depresión en la base de la cola.	9.3
Límite	4	Se aprecian la 12 ^{ava} y 13 ^{ava} costillas, musculatura completa, no hay depresión en la base de la cola.	13.7
Óptima	5	Costillas no visibles, aspecto liso.	18.0
	6	Ensanchamiento de pecho, y algo de gras en la base de la cola.	22.3
	7	Apariencia redonda, almohadillas de grasa alrededor de la cola.	26.7
Gorda	8	Compacta, aspecto circular y de ancho pecho.	31.0
	9	Obesa, cola embutida en grasa, camina con dificultad.	35.3

Fuente: Richards *et al.*, 1986.

La CC se asocia con el estado energético y proteínico, puede reflejar en parte las deficiencias de otros nutrientes esenciales. Con la experiencia, la CC del ganado se puede evaluar visualmente con bastante precisión (Terrell, 2002). La CC refleja la cantidad y calidad del forraje consumido en un área y época específica del año, permitiendo determinar si los requerimientos nutricionales del ganado están siendo satisfechos por la vegetación del pastizal (Terrell, 2002). Hodgson (1990), señala que la CC tiene un impacto directo sobre el desempeño reproductivo y la lactación en hembras gestantes, por lo tanto, si presentan pérdidas de reservas corporales, es recomendable considerar la suplementación, que implica un costo de alimentación adicional para recuperar las reservas corporales.

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

La implicación de la CC en las vacas para carne, tiene una gran importancia por que repercute en el anestro posparto, intervalo entre partos, producción de leche y, consecuentemente, con la salud y vigor del neonato (Herd y Sprott, 1989).

Éstos mismos investigadores, realizaron 5 ensayos para encontrar el efecto que tiene la CC al parto sobre el comportamiento reproductivo posparto en animales en pastoreo. Encontraron que las vacas que parieron

en una CC de 5 a 7 en la escala de 1 a 9, presentaron mejores respuestas reproductivas (**Cuadro 2.3**).

Cuadro 2.3. Relación de CC al parto sobre el comportamiento reproductivo inmediato posterior.

Prueba	Concepto	Condición corporal (CC) al parto		
		4 o menos	5	6 - 7
1	Número de vacas	272	364	50
	% de celos a 80 días posparto	62	88	98
2	Número de vacas	70	10	0
	% preñez a 60 días posparto	69	80	-
3	Número de vacas	25	139	23
	% en calor a 60 días posparto	24	60	87
4	Número de vacas	32	60	32
	% en calor a 80 días posparto	12	50	90
5	Número de vacas	168	274	197
	% en calor a 80 días posparto	70	90	92

Fuente: Herd y Sprott (1996).

Las vacas que llegan con buena CC (5 o más) al parto, les afecta poco los efectos de cambios de peso previos o posteriores al parto. El intervalo posparto aumenta por la pérdida de peso en vacas con CC de 3 o menos al parto. Los efectos de una mala CC al parto se superan parcialmente con niveles altos de alimentación posparto. El periodo posparto es de gran demanda metabólica debido las grandes necesidades de la lactancia (Randel *et al*, 2002).

Randel *et al.*, (2002) llevaron a cabo estudios en el noreste de México que incluyó a 1,362 vacas en 2000 y 1,236 vacas en 2001. Las tasas de preñez fueron bajas (2000 = 7.3% y 2001 = 9.3%) en vacas con CC de 3 o menos. Los porcentajes de preñez más altos fueron en vacas con CC de 4-5 (2000 = 56.9% y 2001 = 49.1%). Los datos muestran que las vacas con

niveles de CC de 3 o menos tienen niveles reproductivos antieconómicos
(Cuadro 2.4).

Cuadro 2.4. Efecto de la condición corporal sobre el porcentaje de vacas preñadas

Condición corporal	Número de vacas	Vacas preñadas	Vacas no preñadas	% preñez
2000				
3 o menos	266	39	227	7.3
4-5	772	302	470	56.9
6-8	324	190	134	35.8
TOTAL	1362	531	831	
2001				
3 o menos	287	43	244	9.3
4-5	619	228	391	49.1
6-8	330	193	137	41.6
TOTAL	1206	464	772	

Fuente: Randel *et al.*, 2002.

La duración del intervalo posparto es más largo en las vacas que amamantan, que en las de ordeño o que no lactan. Este efecto parece obedecer al contacto del becerro y al amamantamiento o de la lactación misma. El estímulo del becerro influye sobre el estado nutricional de la vaca, de modo que el intervalo posparto aumenta con el amamantamiento, en mayor medida en las vacas en mala condición que en aquellas con buena CC (Kunkle *et al.*, 1994).

Según Kunkle *et al.*, (1994) la variación de CC de las vacas tiene implicaciones que se pueden utilizar en las decisiones de manejo. La cantidad de leche producida por vaca y el posterior peso al destete de la cría, se relacionan con la CC al momento y durante la estación de empadre de las vacas. La CC ideal que la vaca debe de mantener a lo largo del año es de 5, reduciendo así problemas reproductivos (Terrell, 2002).

La CC afecta la cantidad y tipo de suplemento demandados por las vacas en el invierno. Las vacas en CC de 4 a 5 pueden perder reservas corporales, y con 0.5 a 1 kg por día de suplemento por animal con 30 a 40% de proteína cruda, es suficiente para mantener la CC adecuada en la mayoría de los casos. Las vacas flacas tienen muy pocas reservas corporales, y comúnmente pueden demandar cantidades mayores a 0.5 kg de un suplemento isoproteico e isoenergético. (Kunkle *et al.*, 1994).

2.4 Cambios en la calidad de la dieta del ganado en agostadero

Lyons *et al.*, (2000) mencionan que el ganado en agostadero y la fauna silvestre tienen acceso a una gran diversidad de plantas forrajeras, las cuales varían en calidad nutricional. Los animales obtienen de estas plantas los nutrimentos (proteína, energía, vitaminas y minerales) que requieren para su crecimiento, producción y reproducción. La calidad nutricional depende del tipo de planta, edad, época de crecimiento, clima, suelo, sitio, etc. La especie animal es determinante, por ejemplo las cabras, borregos, venado, etc. tienen diferentes potenciales digestivos y muestran preferencias por ciertos grupos de plantas.

2.4.1 Partes de la planta

Las células de las plantas se dividen en dos partes conocidas como contenido celular y pared celular. El contenido celular incluye la proteína cruda (ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas y otros compuestos nitrogenados), azúcares, almidón y lípidos (grasas). La pared celular (fibra),

esta formada por material menos digestible, constituida de hemicelulosa, celulosa y la porción menos digestible, lignina. Las hojas tienen un mayor contenido celular; más proteínas, azúcares, vitaminas y minerales que los tallos. Las hojas tienen menos hemicelulosa, celulosa y lignina que los tallos. Los frutos e inflorescencias tienen un mayor contenido celular que las hojas. Las semillas de los zacates tienen más contenido celular que las hojas, son inferiores a las frutas e inflorescencias de las herbáceas como fuente de proteína y energía debido a su tamaño pequeño. Los animales son selectivos en cuanto a las partes de las plantas que comen, los herbívoros prefieren hojas tiernas que hojas viejas y comen hojas antes que tallos. Debido a que las diferentes partes de las plantas difieren en calidad nutritiva y que los animales seleccionan ciertas partes de las plantas. El análisis de las plantas completas, no es un buen indicador de la calidad de la dieta de los animales (Lyons *et al.*, 2000).

2.4.2 Edad de las plantas

Lyons *et al.*, (2000) mencionan que el contenido celular es más alto en el tejido de forraje en crecimiento activo, y declina conforme las plantas maduran, esta asociado al incremento de la fibra (hemicelulosa, celulosa y lignina), movimiento de nutrientes de las hojas a los tallos y lixiviación (lavado) por lluvia y nieve durante la dormancia. Gutiérrez (1995) mencionan que cuando el pasto se encuentra maduro y seco, el contenido de proteína y fósforo se reducen de 70 a un 60 por ciento, y los carotenos (precursores de la vitamina A) desaparecen totalmente. Lo anterior ocasiona una disminución

marcada en el consumo voluntario de materia seca. García y López (1995) señalan que cuando el pasto está maduro y seco, los nutrientes que con mayor frecuencia se presentan deficientes en la dieta de los animales en pastoreo en orden de importancia son: proteína, fósforo, vitamina A y energía. DelCurto *et al.*, (2000) coinciden que los nutrimentos limitantes, cuando el pasto se encuentra maduro y seco son proteína, fósforo, vitaminas y minerales.

2.4.3 Grupo de plantas y estación del año

Huston *et al.*, (1981) reportan que considerando el análisis de plantas completas durante la estación de crecimiento activo, las herbáceas presentan un mayor contenido celular, en segundo lugar las arbustivas y por último los zacates. Lyons *et al.*, (2000) señalan que durante el invierno, los arbustos siempre verdes son más altos en contenido celular y, parecieran más altos en calidad nutricional que los zacates y herbáceas. Debido a que normalmente estos arbustos tienen una alta concentración de compuestos secundarios (taninos, aceites y sustancias tóxicas), su calidad nutricional es más baja que la indicada por el análisis de laboratorio. Huston y Pinchack (1991) mencionan que también durante el invierno, la celulosa es más alta en las hojas y tallos de los zacates que en las hojas de las herbáceas y arbustivas, que las hace más difíciles de digerir. Comparadas con las plantas de crecimiento de verano, las plantas de crecimiento invernal tienen mejor digestibilidad y mayor contenido de proteína cruda en el invierno (**Cuadro 2.5**).

Cuadro 2.5. Contenido de proteína y digestibilidad en forrajes nativos e introducidos de crecimiento de verano e invierno.

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

A/P: Añual / Perenne.

Fuente: Huston y Pinchack 1991.

Head *et al.*, (2001), mencionan que los niveles de proteína mas bajos en el forraje se presentan en invierno y los mas altos en primavera. Huston *et al.*, (1993) mencionan que a consecuencia de la variación en el valor nutritivo del forraje, existe una alteración en la calidad de la dieta dependiendo de la estación del año. En la época de crecimiento del pasto, se satisfacen los requerimientos nutricionales de proteína y energía. En las estaciones de otoño e invierno, los nutrimentos proporcionados por el forraje disponible son insuficientes en las regiones áridas y semiáridas.

2.4.4 Sitios de pastizal

Launchbaugh *et al.*, (1990) señalan que los sitios de pastizal (conocidos actualmente como sitios ecológicos), tienen influencia sobre la calidad del forraje, debido a que cuando el forraje verde está en crecimiento activo, deberá presentar mayor contenido celular y calidad nutritiva. Un sitio puede producir menos forraje pero de mayor calidad, esto depende entre otras cosas, de las especies presentes y de la estación del año.

2.4.5 Compuestos Antinutricionales

Lyons *et al.*, (2000) señalan que en los estados iniciales de la fotosíntesis, se producen varios compuestos químicos. Éstos compuestos antinutricionales, que son químicamente complejos, sirven como mecanismos de defensa para las plantas contra insectos y un medio ambiente adverso. La lignina, aparenta 1) proveer una estructura fuerte que permite a las plantas reducir el marchitamiento y 2) actúa como defensa para evitar ser consumidas.

Así mismo, mencionan que muchos compuestos antinutricionales son venenosos. Sin embargo, algunos tipos de taninos, sustancia que se encuentra principalmente en herbáceas y en hojas de plantas leñosas, puede tener algunos beneficios nutricionales.

Otro ejemplo del impacto de los compuestos secundarios son las plantas juniperáceas, como el cedro o tástate. Estas plantas son relativamente nutritivas, los animales no las consumen frecuentemente, por su contenido de aceites volátiles llamados terpeno o trementina. Su sabor reduce el consumo, reducen la actividad microbiana del rumen y los animales son poco hábiles para desintoxicarse de estos aceites (Huston *et al.*, 1994).

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

2.5 Importancia de la proteína y digestibilidad de la materia orgánica

El ganado necesita proteína para el crecimiento, sostenimiento y producción. La cantidad necesaria depende, del tamaño del animal, rendimiento y composición del producto. Los forrajes son una fuente importante de proteína. Las leguminosas son más ricas en proteína que las gramíneas, en las fases más avanzadas de maduración. En las leguminosas como en las gramíneas, la proteína es más digestible cuando se encuentra en las primeras fases del crecimiento, que cuando han madurado completamente (Soto y Jahn, 1993). Avanzada la madurez y estado fenológico su calidad disminuye, determinando el aporte de nutrientes que satisfacen los distintos requerimientos de vacas de diferentes estado fisiológico. (Jagush *et al.*, 1976).

El nutrimento más limitante en dietas exclusivamente con forrajes es la proteína. La proteína es requerida por los microorganismos del rumen y los tejidos del animal, una deficiencia de proteína reduce severamente el desempeño del animal. Las dietas para el ganado compuestas principalmente por forraje, deberán contener mínimo 8 % de proteína cruda, para promover una adecuada fermentación ruminal por medio de los microorganismos del rumen (Neumann y Lusby, 1986).

Los nutrimentos que el animal requiere para satisfacer su metabolismo, son proteína, energía, minerales y vitaminas. Los nutrimentos son requeridos en diferentes cantidades dependiendo de la especie animal y estado fisiológico (López y García, 2000).

La proteína es considerada en la mayoría de las dietas a base de forraje, como el nutrimento limitante. Se considera el segundo nutrimento en cuanto a cantidad requerida por el animal, sólo después de la energía. La proteína es el segundo nutrimento más demandado para la reproducción y lactación, por que afecta la cantidad y calidad de la leche, y el comportamiento de sus crías. Es el primer nutrimento limitante (para el crecimiento, lactación y reproducción) en la mayoría de las dietas basadas en forraje (Selk y Lusby, 1990).

Se considera indispensable para mantener una flora ruminal abundante. El primer y más común síntoma de deficiencia de proteína es una reducción en el apetito, que se refleja en una disminución en el consumo de forraje, afectando el consumo de energía. Estas deficiencias se corrigen, suplementando proteína porque incrementa el consumo y digestibilidad del forraje. Una deficiencia de proteína se refleja en las heces de los animales, se presentan secas y compactas (anilladas). Los requerimientos de proteína deben ser abastecidos diariamente durante todo el tiempo, por que las proteínas y los minerales se almacenan en muy pequeñas cantidades en el cuerpo del animal, (García y López, 1998).

Lyons *et al.* (2000), mencionan que niveles de proteína cruda del forraje menores del 6 al 8%, reducen el consumo. Esta reducción parece estar asociada al decremento de la actividad microbiana del rumen, lo que reduce la digestibilidad, y aumenta el tiempo que el forraje permanece en el rumen.

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

Beaty *et al.*, (1994) señala que la digestibilidad de la materia seca se incrementa cuando se proporciona un suplemento proteico. La proteína aumenta la disponibilidad de amoniaco (NH_3), el Nitrógeno de la proteína promueve la fermentación ruminal, permitiendo la actividad de los microorganismos sobre los forrajes.

2.6 Influencia de las condiciones ambientales sobre la proteína cruda del forraje y la condición corporal

2.6.1 Precipitación

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

Tootill (1982), menciona que la lluvia contiene cantidades variables de N en forma de amonio, nitrato y óxidos de nitrógeno, constituye una fuente importante de N en los sistemas naturales. En los sistemas agrícolas este aporte (5-25 kg de N/ha/año) es pequeño en comparación a los fertilizantes.

La absorción de N por la planta constituye una de las partes más importantes del ciclo del N en los suelos agrícolas, y en los pastizales en la producción de forraje.

Cajal *et al.* (1982), realizaron un estudio en un matorral arbosufrutescente en el estado de Sonora, donde correlacionaron precipitación pluvial con el contenido de proteína cruda usando 6 novillos pastoreando un potrero de 60 ha, encontrando una alta correlación positiva de $r=0.85$ ($p<0.05$). Vázquez (2004) encontró correlaciones de $r=0.44$ (moderada) y $r=0.64$ (buena) para cada uno de sus dos hatos, respectivamente ($p<0.05$) donde reporta que tuvo una tendencia muy marcada durante el estudio afectando el nivel de proteína cruda (PC). Fernández *et al.* (1990), analizaron el efecto de la frecuencia de corte sobre el rendimiento y valor nutritivo en el pasto estrella, encontrando aumentos en el nivel de proteína cruda (1 a 4.1%) en época lluviosa, comparada con época seca. Ponce (2005), menciona que la precipitación influye sobre la proteína cruda de las plantas, encontrando correlaciones de $r=0.63$, $r=0.38$ y $r=0.48$ al ($p<0.005$).

La cantidad, el tipo y la distribución de la precipitación tiene influencia directa sobre la fisiología productiva y reproductiva del ganado a través de su intercambio energético y el metabolismo principalmente sobre aquél manejado de forma extensiva, que está más expuesto al efecto directo de los elementos atmosféricos. Afecta indirectamente al condicionar el crecimiento del pasto, al influir sobre la física del suelo. Ésta influencia se refleja en el rendimiento y producto final de la especie (Rosales, 2000).

2.6.2 Temperatura

George *et al.* (1991), reportan que mientras la precipitación determina el principio y el fin de la estación de crecimiento, la temperatura determina la tasa de productividad. Los manejadores del pastizal no pueden controlar el clima, pero sí pueden influir sobre la productividad del forraje y la composición de especies manejando el apacentamiento, dejando una cantidad adecuada de materia seca residual. Durante la estación de invierno el crecimiento de forraje es lento, y tanto la cantidad como la calidad son insuficientes para apoyar la ganancia o el mantenimiento de peso corporal. La frecuencia de estaciones de forrajes pobres, pueden ser estimados de bases de datos a largo plazo, y ser usados para evaluar el riesgo y desarrollar planes de emergencia de sequía.

Melo (2006) reporta los rangos de confort térmico para las razas cebuinas de 12 a 27°C, y para razas europeas de 10 a 21°C. Mader (2003) afirma que temperaturas superiores a 35°C pueden reducir el consumo hasta en un 40%, para razas europeas.

Vázquez (2004), encontró una correlación positiva muy baja entre el perfil nutricional del pastizal y la temperatura, en el hato 1 con $r=0.20$ (baja), y moderada correlación positiva para el hato 2 con $r=0.43$ ($p>0.05$). Ponce (2005), reporta correlaciones variables entre la temperatura con el contenido de proteína cruda: $r=0.59$, $r=0.09$ y $r=0.55$ ($p>0.05$). Rosales (2000) reporta que la temperatura afecta en un 59% el peso al mercado de vacas en pastoreo.

2.6.3 Insolación

El crecimiento de la planta depende de la energía en los azúcares simples, que son producidos en la fotosíntesis. El aumento en las horas luz (días más largos) y las altas temperaturas en el día, inducen el pasto a aumentar su tasa de fotosíntesis. Esta condición se da en los meses de primavera y verano, donde hay mayor tiempo de horas luz en comparación con otoño e invierno. En los meses de mayor periodo de horas luz, existe mayor producción de carbohidratos no estructurales en plantas jóvenes, disponibles para el consumo de los animales en apacentamiento (Hodgson, 1990).

Forbes *et al.* (1998) encontraron que vaquillas cruzadas (Angus x Brahman) en el Este del Texas, reducen el tiempo de pastoreo a 11 minutos por hora, en el periodo de 9:00 a 16:00 horas. La permanencia en sombra de éstos animales es de 35 minutos por hora durante el mismo periodo. La influencia de altas temperaturas e insolación repercute la reducción del consumo.

Vázquez (2004), encontró correlaciones aceptables entre insolación y condición corporal de $r=0.51$ y de $r=0.74$. Aunque no son consideradas de significancia ($p>0.05$), es posible pensar que a mayor insolación mayor tasa de fotosíntesis en la vegetación. Ponce (2005), obtuvo correlaciones de: $r=0.28$, $r=0.17$ y $r=-0.26$ ($p>0.05$), para el efecto de la insolación sobre contenido de proteína cruda de la vegetación.

2.7 Uso del sistema de espectroscopia de reflexión cercana al infrarrojo (NIRS) para predecir el valor nutritivo del forraje

La palabra “espectroscopia” deriva de la raíz latina spectrum (apariencia, imagen) y la palabra griega skopia (ver). La tecnología NIRS relaciona luz con un material, donde una radiación electromagnética ocurre en forma de ondas. La longitud de onda es la distancia entre los dos picos o puntos altos de la onda, y se indica con el símbolo λ . La longitud de onda en el espectro NIRS se mide normalmente en nanómetros (nm) donde $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ó $1000 \text{ nm} = 0.001 \text{ mm}$ (Groenewald, 2001).

La parte del espectro visible al ojo humano se extiende aproximadamente de 400 nm a 800 nm, el espectro infrarrojo se extiende de aproximadamente 2,500 nm a 25,000 nm. El cercano al infrarrojo es considerado esa parte del espectro situada entre la región visible y la región infrarroja. El rango de longitudes de onda que el NIRS cubre, está entre 750 nm á 2,600 nm (Groenewald, 2001).

Las moléculas son grupos de átomos, que se han combinado para formar compuestos químicos. El metano contiene un átomo de carbono (C) y cuatro átomos de hidrógeno (H). Las uniones específicas entre los átomos vibran a una cierta frecuencia, y cada tipo de estas uniones químicas dentro de una muestra absorberán rayos NIRS de una longitud de onda específica, mientras todas las demás longitudes de onda son reflejadas (Groenewald, 2001).

La credibilidad del NIRS depende de la calibración, proceso para reconocer diferentes productos y elementos. Para la calibración, un número

de muestras son analizadas por métodos químico-analíticos tradicionales para determinar la composición real de las muestras. Se colocan en el instrumento NIRS, se obtienen los valores de reflectancia de las diferentes longitudes de onda. Con un microcomputador y un software químico-métrico, la combinación de los resultados analíticos (análisis tradicional) y los valores de reflectancia (NIRS) son transformados a las constantes de calibración. El proceso de análisis del NIRS se realiza de 30 segundos a un minuto aproximadamente (Groenewald, 2001).

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

2.7.1 Predicción de la calidad de la dieta

Lyons y Stuth (1992) realizaron un estudio donde las muestras conocidas de la dieta, fueron emparejadas con las heces de las vacas intactas que pastoreaban una amplia variedad de forrajes. Éstos pares de datos (dieta : fecal) fueron usados para desarrollar un juego de datos de referencia, para construir ecuaciones de calibración o predicción. Las predicciones fecales de la calidad de la dieta de la ecuación, fueron validadas contra las muestras conocidas de la dieta. Las ecuaciones

desarrolladas hasta la fecha, son altamente confiables a través de un amplio espectro de los tipos de forraje. En el GANLab (Laboratorio de Nutrición Animal en Pastoreo, por sus siglas en inglés) se puede predecir la proteína cruda dietética (PC%), la materia orgánica digestible (MOD%), el nitrógeno fecal (NF%) y el fósforo fecal (PF%). La aplicación más obvia es tener una herramienta de soporte de decisiones, que ofrece un dato confiable de la calidad de la dieta; ya sea cambiar a los animales de pasta o potrero, reducir carga animal, destetar temprano o suplementar.

La efectividad de la suplementación depende del conocimiento del consumo, calidad actual de la dieta, requerimientos nutricionales, y de tener la certeza de cómo realizarla (el cuándo, qué y cuánto alimentar). Es un reto debido a: 1) Heterogeneidad de los tipos de vegetación en un pastizal, 2) Selectividad en apacentamiento, y 3) Gran variabilidad climática, que resultaba en patrones estacionales de calidad de la dieta, siendo altamente variable entre años (Coates, 2000).

2.7.2 Predicción de las fracciones dietéticas de proteína usando tecnología de NIRS

Proteína es cualquiera de los numerosos compuestos orgánicos constituidos por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos, que intervienen en diversas funciones vitales esenciales, tales como el metabolismo, contracción muscular o la respuesta inmunológica (Enciclopedia Microsoft, 2003). Una limitación para la aplicación de un mayor modelo nutricional avanzado, es la incapacidad de predecir el nivel de degradación de la

proteína cruda en el rumen y el intestino grueso de animales en libertad. La tecnología NIRS se ha utilizado con éxito para predecir la PC y la MOD de rumiantes en libertad (Lyons y Stuth, 1992).

El GANLab en 1993 utilizó la fístula esofágica para sacar muestras del bolo alimenticio, y someterlas a las técnicas de laboratorio en el GANLab en el campus de la universidad de Texas A&M. con la colaboración de las estaciones experimentales en varios sitios en el sur – medio de Texas, Texas central, Oklahoma central, y Missouri central. Este programa de investigación demostró la viabilidad de utilizar tecnología de NIRS, para predecir sitios diferenciados de la degradación de la proteína en la zona gastrointestinal (GI) del ganado en agostadero. Las ecuaciones que estiman disponibilidad de la proteína en la zona GI, están disponibles para ayudar en procesos de toma de decisiones alimenticias. Esta tecnología, al unirse al NUTBAL, genera la información que determina si los requerimientos son satisfechos en los sitios específicos en la zona GI. La suplementación se podía desarrollar alrededor de ésta tecnología, para producir un programa alimenticio más eficiente, basado en requerimientos encontrados en sitios específicos de la degradación de la proteína (GANLab, 2003).

Recientes investigaciones en la Universidad de Texas A&M, han desarrollado una técnica que hace uso de la aplicación del NIRS en los agostaderos para predecir la calidad de la dieta que consumen los animales a partir de las heces (Holecheck *et al.*, 1982). Los resultados de las investigaciones que se han hecho para obtener ecuaciones de predicción más precisas, de proteína cruda y materia orgánica digestible del ganado en

agostadero, iniciaron en 1988. A lo largo de estos años los investigadores trabajaron con 850 muestras de dietas y heces (muestra de dieta y su respectiva muestra fecal) con valores conocidos de proteína cruda y materia orgánica digestible, con estas bases de datos dan asistencia técnica a los productores en EUA (GANLab, 2003).

Lyons y Stuth (1992), desarrollaron ecuaciones de predicción de la calidad de la dieta del ganado en agostadero. En dicho estudio se utilizaron vacas lactantes y vacas secas, de estos dos grupos se fistularon 4 de cada uno de los grupos. De 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 cruda y materia orgánica digestible.

Después de obtener los análisis anteriores, determinaron los errores estándar de la calibración y validación; entre estos dos se conforma el error estándar de laboratorio. Luego se procede a la determinación de los coeficientes de determinación de MOD y PC, y así se obtienen las ecuaciones para la determinación de ecuaciones de estandarización (Lyons y Stuth, 1992).

Lyons y Stuth (1992) fundamentaban lo anterior en que:

- Los índices de nitrógeno fecal son utilizados para la estimación de la dieta consumida por el animal, digestibilidad y contenido de proteína.
- Las heces son representativas de la calidad de la dieta que consumen los animales, lo cual hace la técnica interesante.

- La composición de las heces del rumiante se relacionan teóricamente, con los constituyentes de la dieta que consume el animal.
- La materia seca de las heces ésta constituida de materiales indigestibles de la dieta (lignina, hemicelulosa, celulosa, parénquima, cutícula y tejido vascular), paredes celulares de las bacterias del rumen y paredes celulares del tracto digestivo, residuos de sustancias endógenas (enzimas digestivas, mucosa, etc) y células epiteliales.
- La secreción de nitrógeno bacterial esta relacionado con la cantidad de energía fermentable en el animal.
- Las paredes celulares indigestibles de las bacterias del rumen, más las células de fermentación de la parte final del tracto gastrointestinal, son las fuentes de materia seca fecal microbiana.
- Cerca del 86% del nitrógeno fecal en la materia seca de las heces es de origen bacterial y endógeno (74% del primero y 10-15% del segundo).
- No hay evidencia de que la proteína digestible del alimento está en las heces, porque los residuos de proteína están presentes en las heces como queratina ligados a la lignina.
- La evaluación final de la ecuación del NIRS envuelve la exploración, selección y determinación de la longitud de onda, hasta que ésta longitud de onda tenga una relación química con las variables medidas.

Lyons *et al.*, (1995) realizaron una investigación para validar ecuaciones para la predicción de PC y MOD, a partir del análisis de las heces del ganado con sistema NIRS; utilizaron muestras de dietas en toretes fistulados esofágicamente y muestras de heces de toretes. Los dos grupos consumieron la misma dieta, las muestras obtenidas vía fístula fueron analizadas químicamente en base húmeda, y las heces fecales a través de NIRS, en donde encontraron valores de PC y MOD similares para los dos grupos (**Cuadro 2.6**).

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

Cuadro 2.6. Proteína cruda y materia orgánica digestible de muestras de toretes fistulados y de heces fecales a través de química húmeda y NIRS.

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

Fuente: Lyons *et al.*, 1995

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

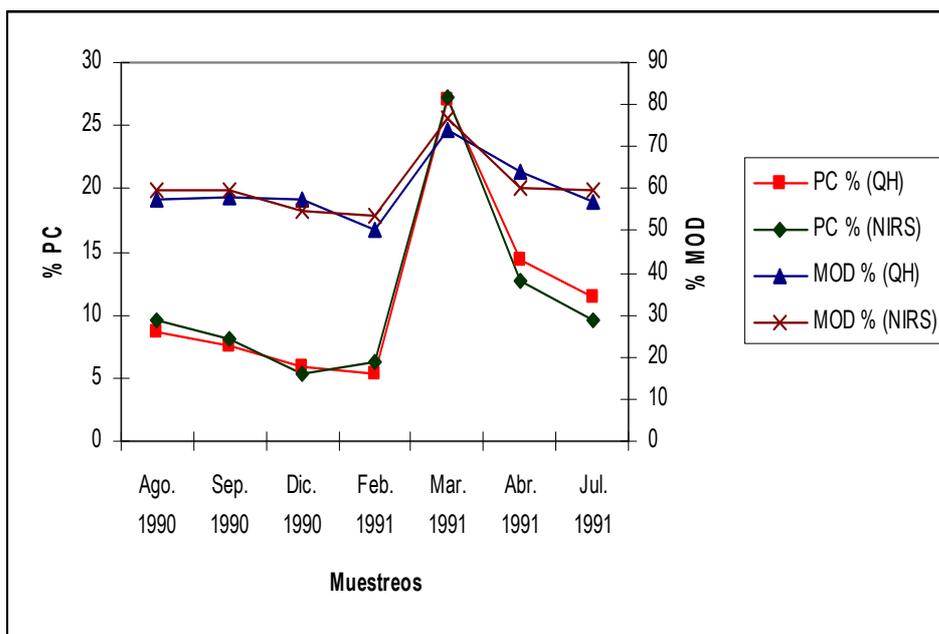


Figura 2.2. Comparación del contenido de PC y MOD de muestras de toretes fistulados y de heces fecales vía Química Húmeda (QH) y NIRS (con datos de Lyons *et al*, 1995).

Fuente: Tolleson, 2001.

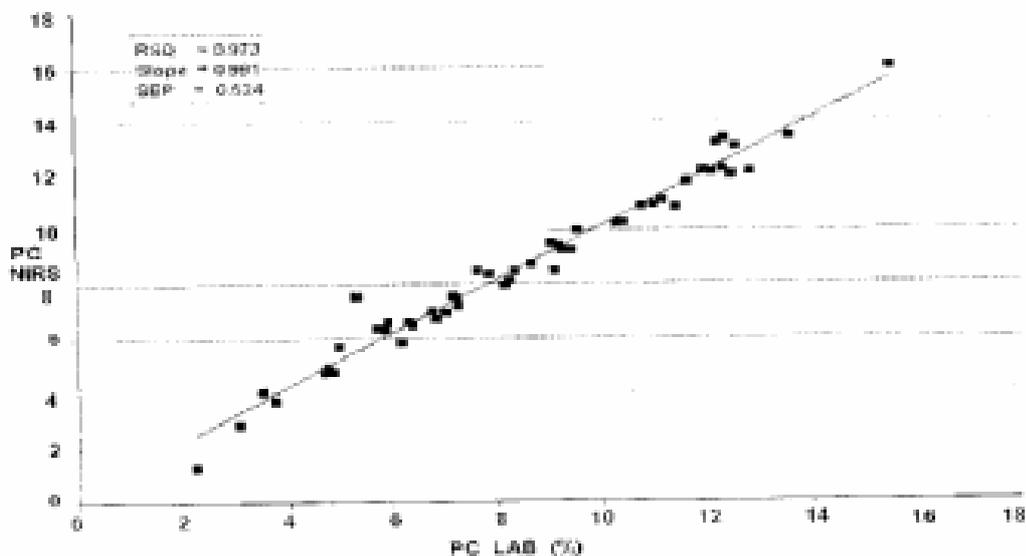


Figura 2.3. Pruebas de laboratorio convencional (PC Lab) contra NIRS (PC NIRS) en plantas C⁴ para proteína cruda.

Fuente: Tolleson, 2001

Tolleson (2001), reporta el contenido de PC y MOD de los pastizales de Garfiel Co. MT. USA, de 1995 a 2000 (**Figura 2.4**).

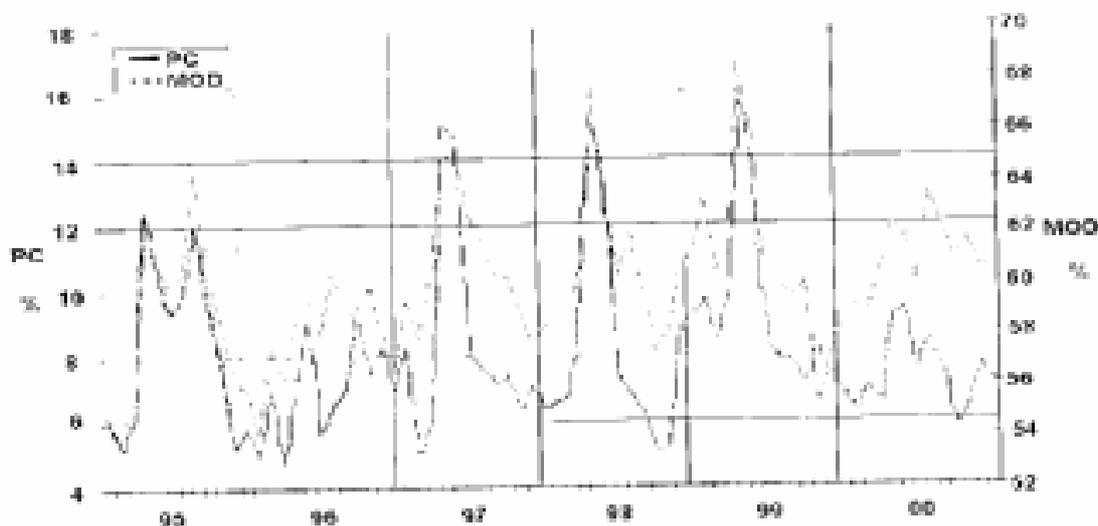


Figura 2.4. Calidad de la dieta de pastizales de Garfiel Co. MT, USA.
Fuente: Tolleson, 2001.

En la actualidad este sistema es utilizado en forma cotidiana por los productores de 42 estados de la Unión Americana, en el extranjero se han establecido laboratorios que dan el mismo servicio en Australia, cinco países de África y, se están estableciendo laboratorios en Argentina y Brasil así como calibraciones del NIRS para la vegetación de Mongolia (GANLab, 2003).

2.7.2 Procedimiento del análisis

Lyons y Stuth (1991), mencionan que el procedimiento es secar en una estufa a 60°C durante 48 horas para determinar materia seca. Se toman muestras de estas heces, se introducen al NIRS ya calibrado con las

ecuaciones de PC y MOD. El NIRS contiene un microcomputador con un escáner, que toma las lecturas de las heces después de que se les refleja un haz de luz infrarroja, anota la longitud de onda de la banda infrarroja. La reflectancia está influenciada por el número y tipo de enlaces químicos en las heces. (Lyons *et al.*, 1995).

El NIRS es un método de rutina rápido y preciso cada vez más utilizado por la industria, basado en muestras de referencia de las que se conocen los valores de digestibilidad *in vitro* y el valor en energía metabolizable (AFRC, 1996), que permite detectar a nivel de heces fecales productos de la digestión, y relacionarlos con la cantidad de proteína cruda y materia orgánica digestible de la dieta. Eilers (2002), señala que una investigación hecha a los productores donde se evaluaba el impacto económico con la predicción del valor nutritivo del forraje vía análisis de heces, se observó un aumento en tasa de concepción y en ganancia de peso al destete, Steffen (2001), advierte que los productores que utilizan el NIRS aumentaron la rentabilidad económica en un 64%.

2.8 Software Analizador del Balance Nutricional (NUTBAL)

El analizador del balance nutricional (NUTBAL) es una nueva herramienta en el soporte de decisiones para el manejo de pastizales, éste software usa información del estado de los animales, condiciones ambientales, condiciones de la pastura, programa de alimentación y modificadores metabólicos. El programa incorpora los análisis del GANLab

de proteína cruda (PC), materia orgánica digestible (MOD), nitrógeno fecal (NF) y fósforo fecal (PF) por medio del NIRS (GANLab, 2003).

El NUTBAL ofrece dos reportes primarios. El reporte Estándar que describe el consumo, requerimientos, y el balance nutricional para el seguimiento: proteína, energía neta de mantenimiento y energía neta de ganancia. Este reporte también estima el promedio de ganancia diaria de peso, identifica el nutrimento limitante (energía o proteína), y reporta el consumo de materia seca y producción de leche (GANLab, 2003).

El reporte de Mediación selecciona el alimento con el costo más eficiente para la suplementación. El usuario identifica suplementos de proteína o energía disponibles para la suplementación. El programa evalúa el valor de los alimentos con las deficiencias nutricionales de los animales o la ganancia deseada. El reporte de Mediación identifica la opción de costo más eficiente, cantidad a ofrecerse, y costo por día. El reporte también calcula el precio por tonelada requerida para otro suplemento seleccionado en competencia con la mejor opción (GANLab, 2003).

La información proporcionada por el NUTBAL puede ser aplicada en diversas formas. Una tendencia en bajar del estatus nutricional puede indicar mover los animales a una nueva pastura. La pérdida o ganancia de peso estimada por día ayuda a decidir cuándo iniciar la suplementación o cambiar de pasta. El consumo de materia seca puede ser usado para determinar si el forraje será suficiente para el periodo de pastoreo (GANLab, 2003).

2.9 Programa NIRS/NUTBAL: Sistema de monitoreo nutricional para ganado en pastoreo

Los análisis de muestras fecales es una herramienta de manejo que ofrece un diagnóstico útil y efectivo. Una muestra fecal colectada en el pastizal puede ser enviada al GANLab para analizarla, utilizando tecnología NIRS para determinar la calidad del forraje que los animales estuvieron consumiendo 36 horas antes de defecarla (GANLab, 2003).

El NUTBAL es un sistema para el soporte de decisiones que determina: 1) Si los animales están en un balance nutricional positivo o negativo, 2) Ganancia diaria ó pérdida de peso, 3) El alimento de más efectivo costo si la suplementación es necesaria (GANLab, 2003).

La información de la calidad de la dieta se puede ligar al sistema de soporte de decisiones Analizador del Balance Nutricional (NUTBAL), ésta herramienta es un software que permite al usuario ingresar la especie, la clase, estado fisiológico y la raza del animal que se supervisará; caracteriza la condición corporal y condiciones ambientales, establece objetivos de peso corporal, incorpora los resultados de la calidad de la dieta del NIRS. El programa genera un reporte de balance nutricional para la proteína cruda (PC) y la energía neta (EN). Si existe una deficiencia, se utiliza el NUTBAL para determinar con qué ingrediente (según disponibilidad y costo) corregir dicha deficiencia (GANLab, 2003).

El sistema NIRS/NUTBAL monitorea los cambios en la calidad del forraje, las necesidades nutricionales del ganado y el alimento disponible más económico. Un programa de monitoreo regular tal como muestreos

mensuales proporciona una riqueza de información que trae un nuevo nivel de confianza al proceso de toma de decisiones (GANLab, 2003).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación geográfica

La investigación se realizó en el rancho “La Salada”, propiedad del ganadero Alfonso Ainslie Montemayor.

El rancho se ubica en el kilómetro 38 de la carretera Zaragoza a Ciudad Acuña en el municipio de Jiménez Coahuila, entre las coordenadas 100°55'50" longitud oeste y 28°44'30" de latitud norte (figura 3.1), aproximadamente a 350 msnm (Mendoza, 2003).

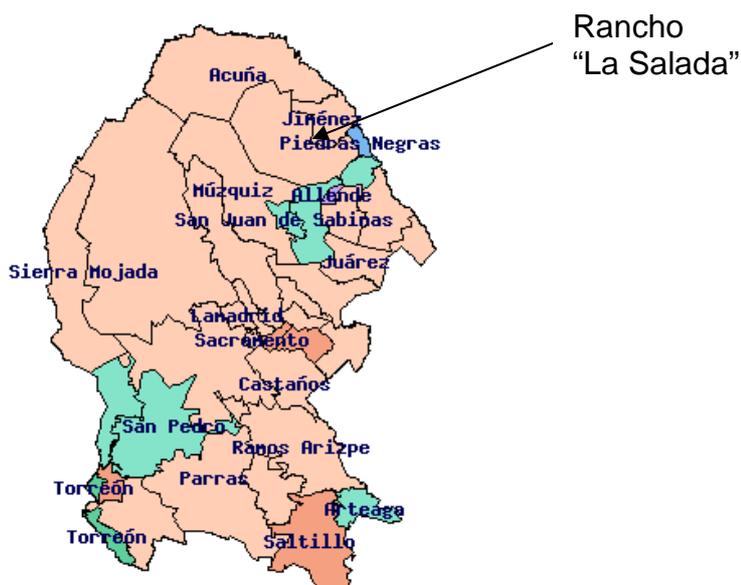


Figura 3.1. Ubicación geográfica del rancho “La Salada”.

3.1.2 Clima

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

- Donde: $Bs_0 0$ = El más cálido de los Bs.
- h = Semicálido con invierno fresco, temperatura media anual entre 12 y 18°C.
- x' = Régimen de lluvias intermedio entre verano e invierno.
- (e) = Extremoso, oscilación entre 7 y 14°C.

La temperatura media anual es de 20°C a 22°C y la precipitación media anual de 300 a 400 mm, con régimen de lluvias en los meses de Mayo a Noviembre; los vientos predominantes tienen dirección suroeste con velocidad de 15 a 25 kph. La frecuencia de heladas es de 0 a 20 días y granizadas de 0 a 1 día (Mendoza, 2003).

3.1.3 Suelo

Se distinguen dos tipos en la región. Xerosol: suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión. Rendzina: tiene una capa superficial rica en materia orgánica que descansa sobre roca caliza y algún material rico en cal, es arcilloso y tiene una susceptibilidad a la erosión moderada. La mayor parte del uso del suelo del territorio municipal es destinado a la ganadería, y muy poca a la producción agrícola y el área urbana. (Enciclopedia de los Municipios de México, 2005).

3.1.4 Vegetación

El tipo de vegetación en el rancho corresponde al matorral mediano espinoso. Dicha vegetación está formada por un conjunto de arbustos medianos, de 1 a 2 metros de altura (cuando hay derramaderos con acumulación de humedad, suelen presentarse un matorral alto con individuos de hasta 4 m o más). Las especies que caracterizan esta comunidad vegetal son: chaparro prieto (*Acacia rigidula*), guajillo (*A. berlandieri*), mezquite (*Prosopis juliflora*), cenizo (*Leucophyllum texanum*), huizache (*Acacia farnesiana*), espiga negra (*Hilaria belangeri*), nopal kakanapo (*Opuntia lindheimeri*), toboso (*Hilaria mutica*), mezquite (*Prosopis glandulosa*) y gatuño (*Acacia greggii*) (**Cuadro 3.1**).

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

Familia	Género	Especie	Nombre común
Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>lindheimeri</i>	Nopal kakanapo
Fabaceae	<i>Acacia</i>	<i>farnesiana</i>	Huizache
	<i>Eysenhardtia</i>	<i>texana</i>	Vara dulce
	<i>Leucaena</i>	<i>sp</i>	Leucaena
Andropogoneae	<i>Bothriochloa</i>	<i>laguroides</i>	z. popotillo plateado
Cynodonteae	<i>Bouteloua</i>	<i>curtipendula</i>	z. banderita
	<i>Bouteloua</i>	<i>trifida</i>	z. navajita roja
	<i>Buchloe</i>	<i>dactyloides</i>	z. búfalo
	<i>Cynodon</i>	<i>dactylon</i>	z. pata de gallo
	<i>Hilaria</i>	<i>mutica</i>	z. toboso
Stipeae	<i>Nassella</i>	<i>leucotricha</i>	z. flechilla
Paniceae	<i>Panicum</i>	<i>coloratum</i>	z. klein
	<i>Panicum</i>	<i>obtusum</i>	z. guía
	<i>Setaria</i>	<i>leucopila</i>	z. tempranero
	<i>Digitaria</i>	<i>cognata</i>	z. escobilla
Eragrostaeae	<i>Sporobolus</i>	<i>cryptandrus</i>	z. arenoso
	<i>Leptochloa</i>	<i>dubia</i>	z. gigante
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum</i>	<i>frutescens</i>	Cenizo

Fuente: Vázquez, 1992.

Dentro de las especies de bueno a alto valor forrajero; entendiéndose por valor forrajero a plantas apetecibles, nutritivas y seleccionadas por el ganado de forma constante (López, 2003), de éste tipo de vegetación se encuentran: zacate rizado (*Panicum hallii*), zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*), navajita azul (*B. gracilis*), navajita velluda (*B. hirsuta*), navajita roja (*B. trifida*), zacate temprano (*Setaria leucopila*), escobilla (*Leptoloma cognatum*), gigante (*Leptochloa dubia*), toboso (*Hilaria mutica*) y punta blanca (*Trichachne californica*).

Como especies de escaso o ningún valor forrajero se tienen a los zacates tridente (*Tridens muticus*), zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*), zacate del amor (*Eragrostis curvula.*), pata de gallo (*Cynodon dactylon*), zacate galleta (*Hilaria jamesii*), zacate lumerillo (*Pappophurum mucronulatum*), popotillo plateado (*Botriochloa laguroides*), chaparro prieto (*A. rigidula*), engorda cabra (*Dalea bicolor*), ebanillo (*Calliandra eriphylla*) y nopal kakanapo (*Opuntia lindheimeri*) (Vázquez, 1992).

3.1.5 Características del rancho

El rancho cuenta con una superficie aproximada de 5,800 ha, las cuales están divididas en 8 pastas o potreros. Tiene una altura que varía de 300 a 350 msnm

El área donde se realizó la investigación comprendió las ocho pastas del rancho donde apacentaron ambos hatos, con una superficie de alrededor de 662 hectáreas cada una. Las pastas cuentan con cinco agujeros cada una

y saladeros. Cuenta con tres corrales de manejo, básculas, y baños de inmersión (**Figura 3.2**).

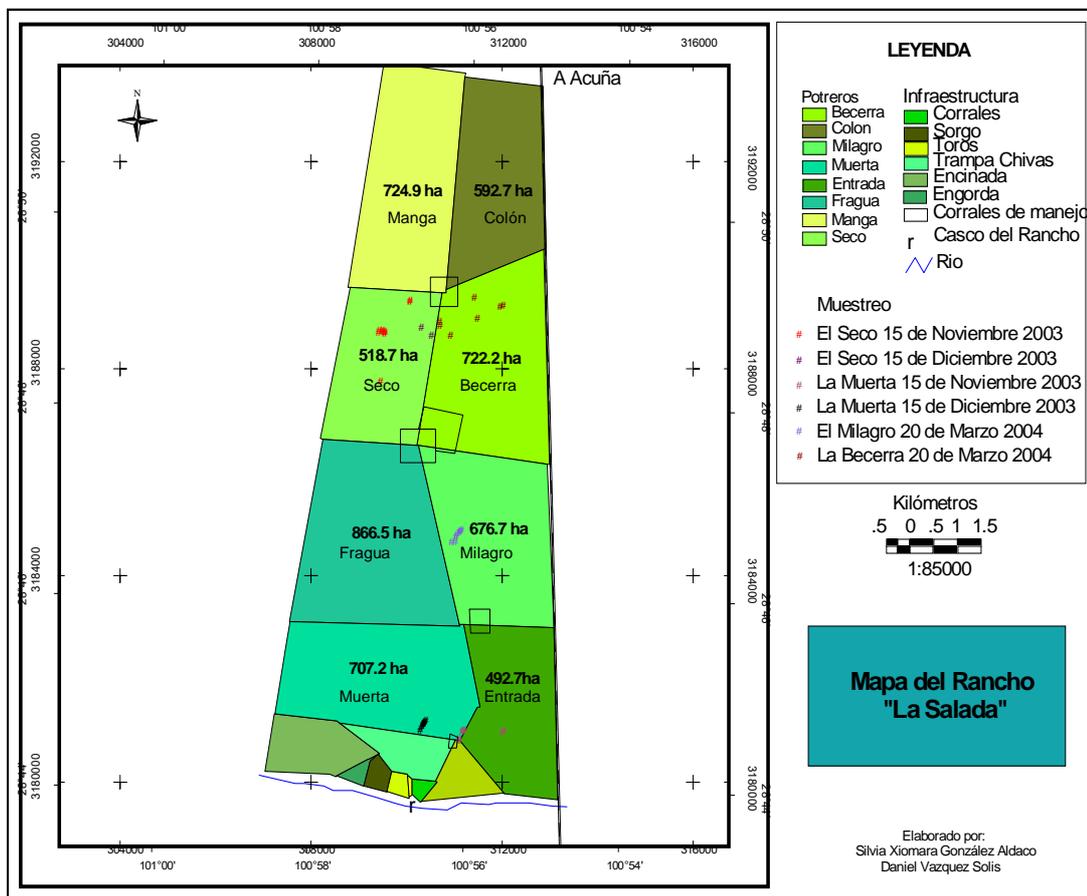


Figura 3.2. Mapa del rancho La Salada.

3.1.6 Sistema de producción del rancho

Al inicio del estudio, el rancho contaba con 260 vientres, divididos en dos hatos (hato 1 y 2) de 2 a 10 años de edad, cada uno con 130 animales, un hato de 16 toros (10 jóvenes y 6 adultos) que se incorpora a ambos hatos en el periodo de empadre (marzo a mayo); los toros adultos entran al hato uno y los toros jóvenes al hato dos. Se explotan ovinos, caprinos y equinos,

correspondiendo 10 animales maduros y 8 corderos para el primer grupo; 36 animales maduros y 21 cabritos para el segundo, y 12 caballos con 12 yeguas, resultando con una carga animal de 14.20 ha/UA/año. El hato uno se mantiene en al ala sur del rancho y el otro en el ala norte del rancho (hato 2). El hato 1 en el ala sur tenía asignada una carga animal de 24.17 ha/UA/año y el hato 2 en el ala norte tenía asignada una carga animal de 17.87 ha/UA/año.

El empadre del ganado se realiza durante los meses de marzo a mayo, los destetes de julio a agosto, y los partos entre diciembre y enero. El sistema de producción es vaca – becerro, con el objetivo de la cría de becerros para exportación y como segundo objetivo engordar hembras para el consumo en el mercado local, parte de esas hembras (10 – 35%) son para reemplazo.

La producción de becerros al destete para el año 2002 fue de 61 hembras y 61 machos, con un peso corporal promedio de 153 kg para hembras y de 160 kg para los machos, estos últimos fueron exportados a EUA en septiembre para el 2003, la cosecha fue de 35 hembras y 39 machos vendidos a un promedio de 250 kg de peso corporal, en el 2004 la producción de becerros fue de 106 hembras y 106 machos con un peso promedio de 230 kg para las hembras y de 250 kg para los machos. Las vacas de desecho se venden alrededor de los 15 años. Alternativamente se explota cinegeticamente el venado cola blanca, la cacería se realiza durante el invierno.

3.2 MATERIALES

3.2.1 Animales utilizados

Se utilizaron animales divididos en dos hatos (hato 1 y hatos 2), en el mismo estado fisiológico. La raza de las vacas: Simmental X (Charolais, Hereford y Brahman). El estudio constó de un año desde septiembre de 2003 a septiembre 2004.

3.2.2 Material de muestreo

- Bolsas de plástico Zip-Loc (250 a 500 g)
- Hielo para conservar las muestras colectadas
- Hielera
- Congelador de la unidad metabólica y del cuarto frío del laboratorio de lácteos (UAAAN)
- Caja de poliestireno
- Bolsas de hielo seco o gel congelado
- Forma de información de muestra del laboratorio GANLab
- Cinta adhesiva y etiquetas de correo
- Marcador permanente
- Cámara fotográfica digital
- Discos de 3 ½

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Calificación de la condición corporal

Se evaluó la condición corporal en la escala de 1 a 9, basada en el cuadro publicado por Richards *et al.* (1986) aproximadamente a 15 vacas

por hato en las pastas, que estuvieran perfectamente visibles y se fotografiaron para posteriormente confirmar su calificación de condición corporal. Se monitoreó cada 30 días durante el periodo de muestreo (septiembre 2003 a septiembre 2004). Se observó y registró el tiempo que permanecían los animales pastoreando una pasta.

3.3.2 Colección de heces

Se colectaron las muestras de heces aproximadamente cada 30 días a partir del 13 de septiembre del 2003 hasta el 17 de septiembre del 2004 (periodo de muestreo). Se colectaron 10 muestras de heces por hato, tomando en cuenta que fueran lo más reciente posible; libres de insectos, tierra, piedras, agua de lluvia, etc., con un peso aproximado de 100 g c/u, colocándolas dentro de bolsas Zip-Loc con su identificación correspondiente, puestas en la hielera para su conservación hasta el congelador del cuarto frío del laboratorio de lácteos de la UAAAN en Buenavista, Saltillo, Coahuila para su posterior envío al GANLab (laboratorio de Nutrición Animal en Pastoreo por sus siglas en inglés, Texas A&M) para su análisis.

Previo al envío de las heces, se hizo una muestra compuesta de 50 gramos, procedente de las 10 heces de cada hato para cada muestreo. Las bolsas de las muestras compuestas se etiquetaron con un marcador, anotando el nombre de la pasta, fecha de recolección, y estado fisiológico de las vacas. Se colocaron las muestras frías en la caja de poliestireno con suficiente hielo. Se congelaron las bolsas de gel y etiquetaron las cajas de poliestireno con su dirección y la dirección del GANLab.

3.3.3 Análisis de heces

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

1. Al tiempo de recibir la muestra fecal, la información en las formas es introducida en la base de datos del GANLab y asignada con un número de muestra.
2. La muestra es colocada en un pequeño traste de papel encerado y se introduce en un horno de secado a 60°C, para extraerle toda la humedad.
3. Después de que la muestra ha sido secada por 24 horas, es molida a un tamaño uniforme.
4. Las muestras son colocadas en un pequeño sobre y regresadas al horno de secado a 60°C por otras 24 horas, para remover el restante de humedad y estabilizar la muestra antes de la lectura.
5. Las muestras son removidas del horno y una porción representativa de la muestra es depositada en pequeñas copas anulares metálicas con una cara de vidrio de cuarzo.
6. Las copas anulares son colocadas en la máquina NIRS serie 6500 y es escaneada utilizando la espectroscopia, siguiendo este procedimiento:
 - La cara de vidrio es expuesta a una energía luminosa ligera.

- La intensidad de la energía reflejada de las diferentes de longitudes de ondas cercana al infrarrojo es medida.
- El dato obtenido (energía reflejada) es procesado y correlacionado con las ecuaciones preestablecidas del banco de datos.
- Al procesarse esta información con las ecuaciones de predicción de proteína cruda y materia orgánica digestible, se obtiene dicho contenido de éstas variables en la dieta.

3.3.4 Condiciones climáticas

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

3.3.5 Implementación del Sistema de Manejo Nutricional NIRS/NUTBAL

El software NUTBAL (Nutricional Balance Analyzer) con datos proporcionados del NIRS (PC, MOD, NF y PF), determina el balance nutricional de los hatos para cada periodo de muestreo, permitiendo la estimación del balance de proteína cruda, de energía neta de mantenimiento (ENm) y de energía neta de ganancia (ENg), y su proyección a 30 días en condición corporal.

3.3.6 Procedimiento experimental

El análisis estadístico se realizó por medio de una regresión simple para cada variable, y múltiple para determinar el efecto de todas las variables independientes (proteína cruda, materia orgánica digestible, precipitación total, temperatura media e insolación) sobre la variable dependiente (condición corporal).

La regresión simple es la relación entre dos variables, en la que una (independiente) influye sobre la otra (dependiente). La regresión múltiple es la relación entre diversas variables, donde se busca la influencia de un conjunto de variables (independientes) sobre una variable (dependiente). Los datos se procesaron el software Statistica versión 5.0.

La recta de regresión de X sobre Y es aquella $\hat{Y} = A + B X_i$. El modelo estadístico usado y determinado por la computadora fue:

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

$$\hat{Y}_i = A + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + \dots + B_n X_n \text{ (regression multiple).}$$

Donde:

\hat{Y}_i = Variable dependiente, que fue la condición corporal.

A = Constante de la ecuación de regresión.

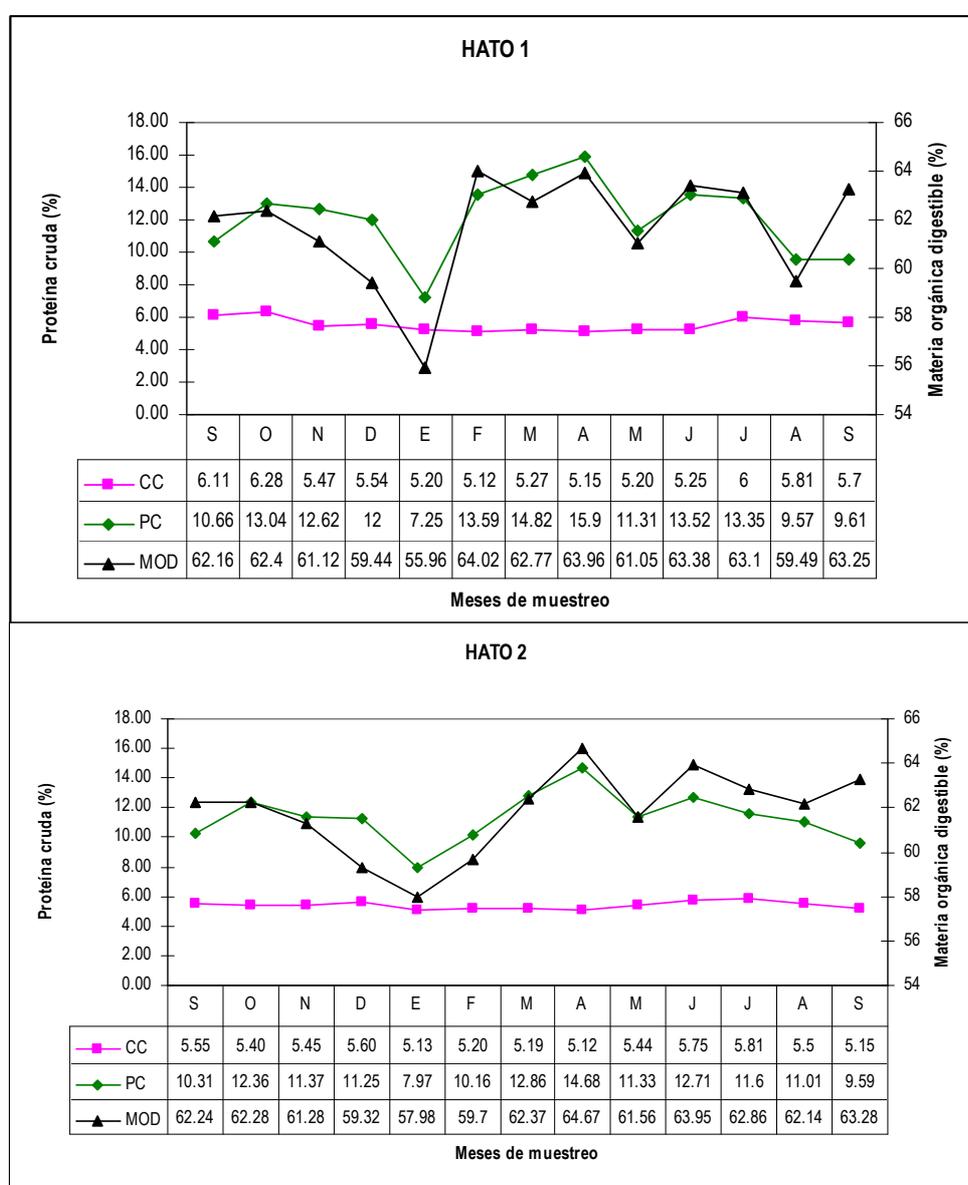
B = Coeficiente de regresión parcial para la variable independiente.

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

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Calidad de la dieta.

En el hato 1 la CC (Figura 4.1) se mantuvo constante todo el año, tuvo un ligero descenso en los meses invernales de enero y febrero 5.20 y 5.15 respectivamente, y otro descenso en abril 5.12. En el hato 2 (Figura 4.1 a) hato 1 y b) hato 2) se observó la misma tendencia.



a)

b)

Figura 4.1 Tendencia de la calidad de la dieta (PC y MOD) y su reflejo en la CC.

El ganado en promedio, no presentó pérdidas significativas de peso; durante el ciclo observado (Septiembre del 2003 a Septiembre del 2004) teniendo una buena condición corporal, 5.5 en promedio, lo que permitió resistir la época crítica de producción y calidad de forraje en el invierno (Terrel, 2002).

La PC (determinada por el NIRS) no presentó influencia sobre la CC: en el análisis de regresión simple se encontró $r^2=0.03$ (hato 1) y $r^2=0.02$ (hato 2) no significativo ($p>0.05$). Éstos resultados tienen la misma tendencia con los encontrados por Vázquez en el 2004, donde tampoco encontró significancia ($p>0.05$) en la correlación entre PC y CC, donde se presentaron correlaciones de $r=0.02$ (hato 1) y de $r=0.29$ (hato 2). Ponce (2005) afirma que los niveles altos de PC incrementan la CC, encontrando en el análisis de regresión simple $r^2=0.82$ (hato 1), $r^2=0.89$ (hato 2) y $r^2=0.82$ (hato 3) respectivamente siendo altamente significativas ($p<0.05$).

La CC se mantuvo constante durante el periodo de muestreo, por lo que aparentemente la PC y la MOD no influyeron. La PC no manifestó cambios significativos a través del año, reflejándose en una CC más estable durante la investigación. Otras posibles causas de que la CC se mantuviera constante fueron: que éste rancho se había monitoreado desde el 2002 hasta el 2004, el encargado y personal ya tenían pleno conocimiento de la importancia del cambio oportuno de pastas, calificación de la condición corporal, lectura de heces y determinación de la condición del pastizal (empíricamente) y se presentaron lluvias bien repartidas a lo largo del año. Este complejo de factores y situaciones permitieron tener una CC constante.

4.2 Variables climáticas

4.2.1 Precipitación pluvial

En el periodo de muestreo (septiembre 2003 – septiembre 2004) se reportó 1241.8 mm de precipitación total anual (**figura 4.2**), rebasando el promedio de 541.7 mm anual (CNA, 2006).

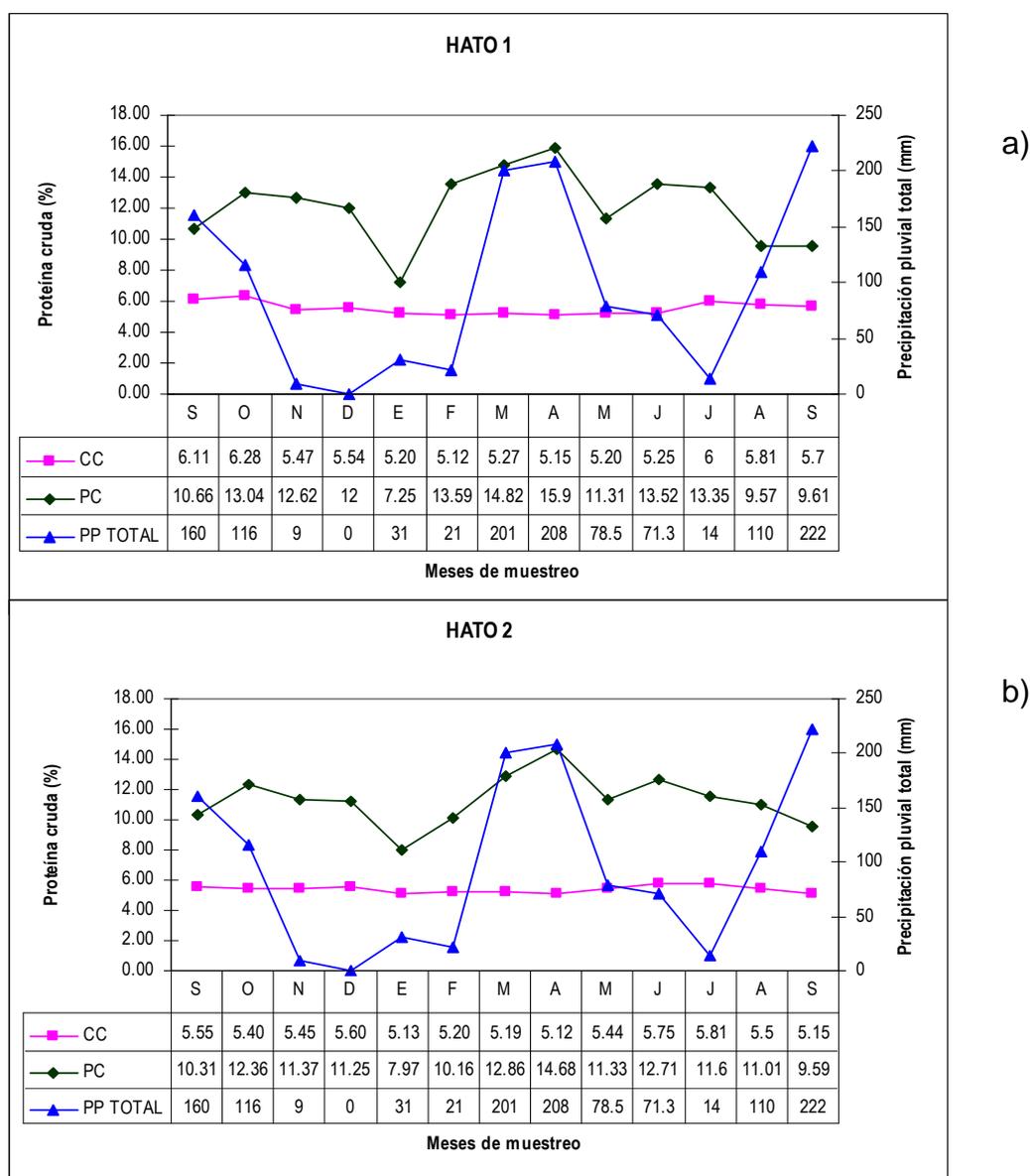


Figura 4.2 Tendencia de la precipitación total (PP TOT) y su reflejo en la CC.

Se encontraron regresiones simples no significativas ($p>0.05$) entre precipitación y CC de $r^2=0.09$ (hato 1) y $r^2=0.06$ (hato 2), y para precipitación sobre PC: $r^2=0.02$ y $r^2=0.22$ respectivamente, siendo no significativos ($p>0.05$).

Vázquez en el 2004 reporta correlaciones no significativas ($p>0.05$) en dos hatos monitoreados, de precipitación y CC de $r=0.42$ (hato 1) y $r=-0.20$ (hato 2), y correlaciones de precipitación sobre PC de $r=0.44$ (hato 1) no significativo ($p>0.05$) y de $r=0.64$ (hato 2) significativo ($p<0.05$). Ponce reporta en el 2005, resultados para precipitación sobre PC de $r=0.63$, $r=0.38$ y de $r=0.48$, siendo significativo ($p<0.05$) únicamente el primer hato.

La precipitación beneficia el nivel de proteína en la vegetación. Si las condiciones de humedad en el suelo son extremas, provocará asfixia en las plantas por exceso de humedad, dificultará al ganado caminar para buscar alimento (George, 1991). Éste comportamiento se observó durante este trabajo en marzo y abril debido a la inundación del 4 de abril del 2004.

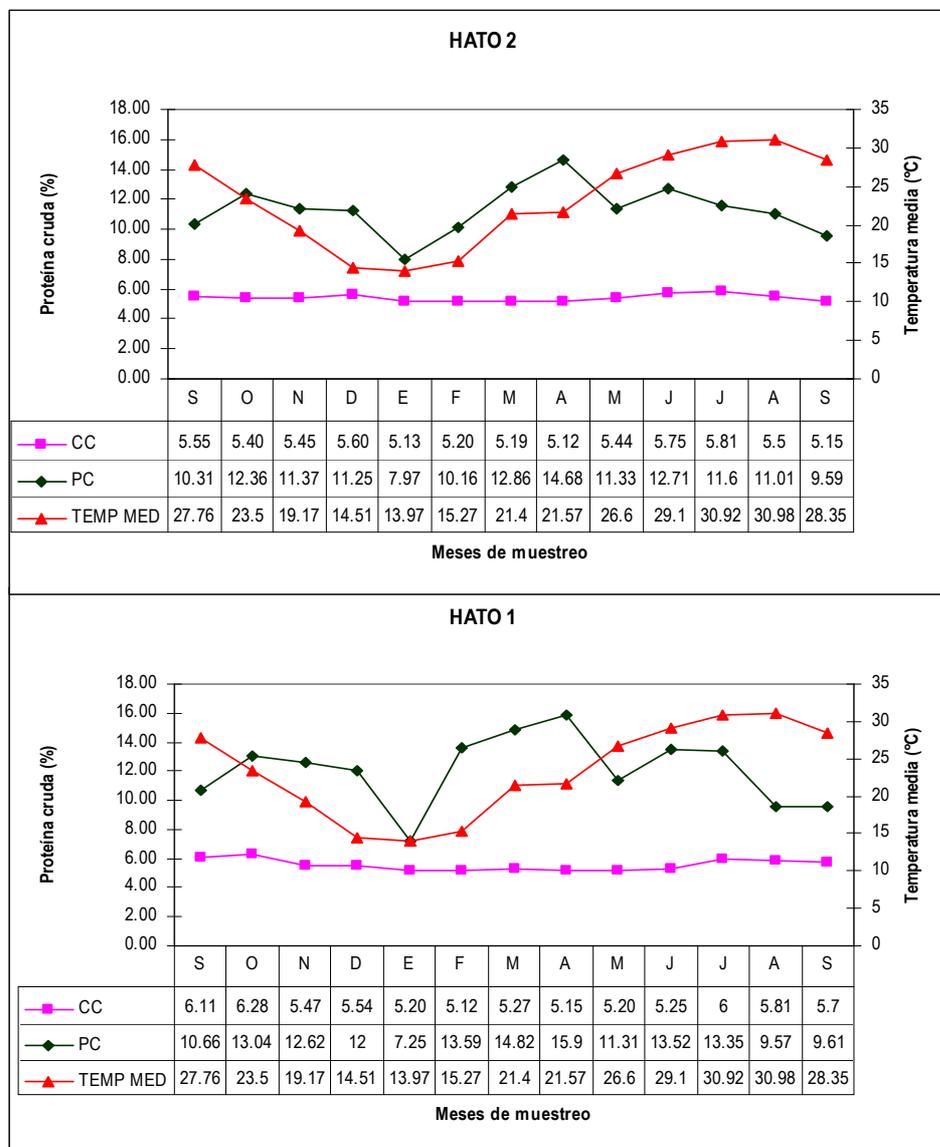
La lluvia promueve aumentos de peso en el ganado, solo que el efecto de la lluvia sobre la PC y la CC no es inmediato. Una mala distribución de lluvias, disminución de la precipitación, pueden ser factores decisivos para una buena producción forrajera o ser detonantes de explosiones de plagas y enfermedades, pueden ser decisivos en el comportamiento productivo y reproductivo del ganado bovino (Rosales, 2000).

Rosales (2000), utilizando ecuaciones de regresión múltiple, donde las variables independientes eran registros de 10 años de precipitación, y las

variables dependientes fueron: peso en pie y en canal para machos, hembras y terneros. Encontró resultados significativos ($p < 0.05$) $r^2 = 0.67$ en promedio, para hembras de $r^2 = 0.94$ y machos $r^2 = 0.87$.

4.2.2 Temperatura media

La temperatura media (Temp med) que se presentada y el comportamiento de la CC y PC mostrado en la figura 4.3.



a)

b)

Figura 4.3 Comportamiento de la temperatura media, la PC y CC.

La regresión reporta para Temp med sobre CC $r^2=0.23$ y $r^2=0.12$ y para Temp med sobre PC $r^2=0.0002$ y $r^2=0.036$ donde tampoco presentó significancia ($p>0.05$) en ninguno de los casos.

Ponce (2005) mostró correlaciones no significativas ($p>0.05$) de temperatura sobre PC de $r=0.59$, $r=0.09$ y $r=0.55$. Vázquez en el 2004 reportó correlaciones de $r=0.20$ y de $r=0.43$ no significativos ($p>0.05$) para las mismas variables, y para temperatura sobre CC reporta correlaciones de $r=0.87$ significativo ($p<0.05$) y $r=0.55$ no significativo ($p<0.05$). Rosales (2000) con una regresión múltiple donde las variables independientes fueron los registros de 10 años de temperaturas, y las variables dependientes fueron peso en pie y en canal de machos, hembras y terneros; encontró que la temperatura afecta en un 59% los incrementos de peso en vacas para abasto.

La temperatura afecta a la vegetación y al comportamiento del ganado. Temperaturas elevadas provocan un gasto energético para disipar el calor en el ganado, si no funciona, reduce su consumo para no generar calor metabólico. Si esta condición persiste se notarán pérdidas en el rendimiento. Incrementos de temperatura ambiente afectarán la fisiología productiva o reproductiva de los animales (Rosales, 2000).

4.2.3 Insolación

La insolación (horas luz) que se presentó en el periodo de muestreo y el comportamiento de la PC y la CC se muestran en la figura 4.4.

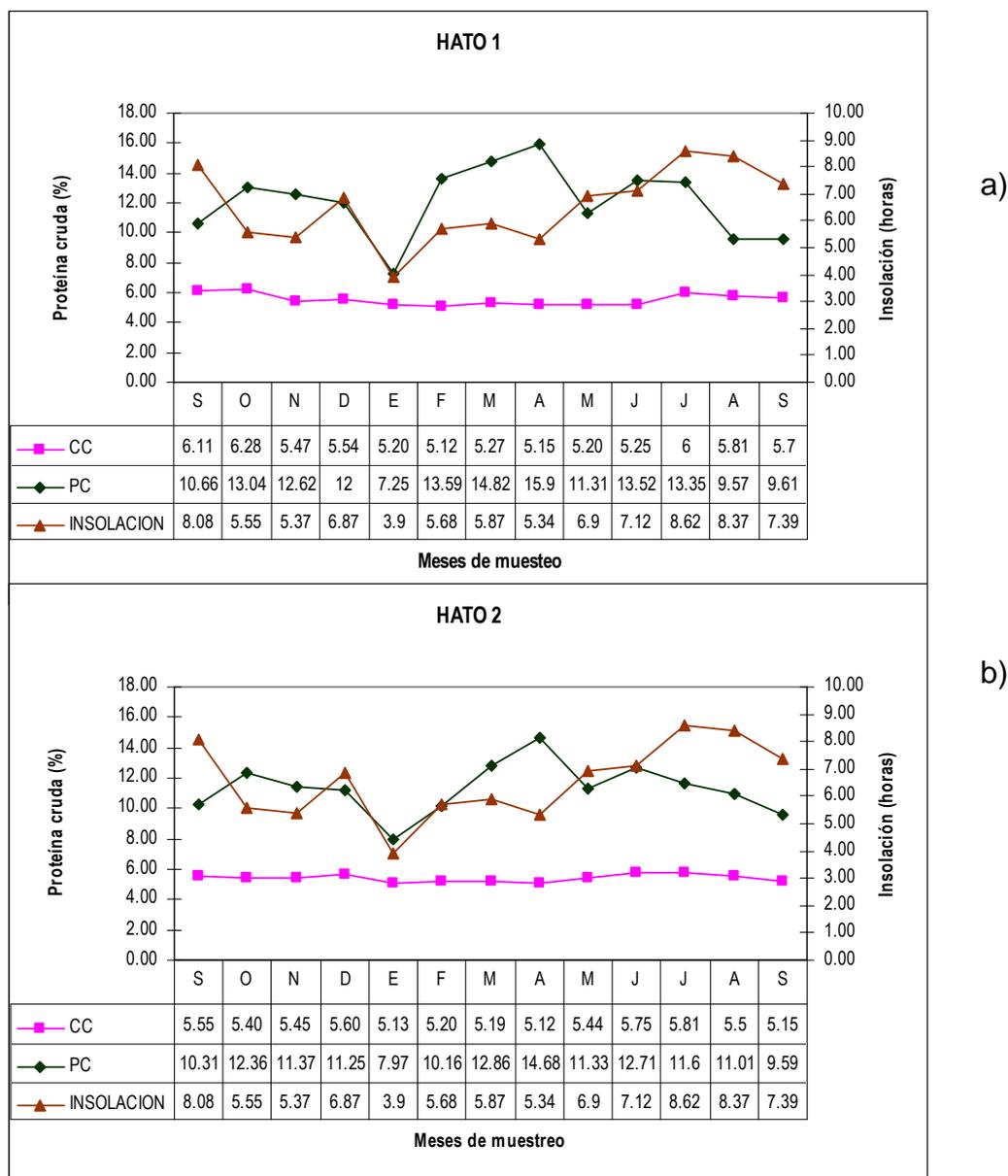


Figura 4.4 Comportamiento de la Insolación, PC y CC.

La regresión simple no mostró significancia ($p > 0.05$) para insolación sobre CC $r^2 = 0.26$ (hato1) y $r^2 = 0.45$ (hato 2), y de insolación sobre PC de $r^2 = 0.003$ y $r^2 = 0.002$ respectivamente ($p > 0.05$).

Ponce en el 2005, obtuvo correlaciones no significativas ($p > 0.05$) para insolación sobre PC de $r = 0.28$, $r = -0.26$ y $r = 0.17$. Vázquez en el 2004

encontró correlación de insolación sobre CC de $r=0.51$ no significativa ($p>0.05$), y de $r=0.74$ considerablemente significativa ($p<0.05$).

La insolación aparentemente no tiene un efecto directo sobre la CC, pero puede afectar directamente el forraje que será consumido por el ganado, ya que a mayor cantidad de luz que reciba una planta, mayor será la fotosíntesis y mayor producción de forraje (Ponce, 2005). La insolación se supone no se relaciona con aumentos de peso en pastoreo, si puede tener influencia indirecta al permitir mayor fotosíntesis promoviendo mayor producción de forraje. La humedad en el suelo, incremento de temperaturas y mayor insolación, promueven la producción de forraje que se refleja en la CC (Vázquez, 2004).

En los resultados de regresión simple entre insolación sobre CC en ambos hatos no es significativo, pero se observa la tendencia de que a mayor horas luz mayor CC.

4.3 Ecuación de regresión múltiple

En la regresión múltiple donde la variable dependiente es la CC y las independientes son: PC, MOD, PP total, Temp med e insolación; al juntarse los datos de ambos hatos en una sola ecuación (regresión múltiple de todo el rancho) se encontró una $r^2=0.35$ no significativa ($p>0.05$). Cuando se analizaron los datos de cada uno de los hatos por separado (ecuación de regresión múltiple para el hato 1 y ecuación de regresión múltiple para el hato 2), se obtuvo en el hato 1 $r^2=0.30$ no significativo ($p>0.05$) y $r^2=0.73$

significativo ($p < 0.05$) en el hato 2, lo que se asume que hay diferencia entre ambos hatos y en cada pasta.

Ponce (2005) supone que al analizar la regresión múltiple separada por cada hato, se comportarán diferente, asumiendo que existe una variabilidad entre las pastas y los hatos. Atribuye ésta variabilidad a diversos factores como la dimensión de las pastas, la proporción de especies forrajeras de cada pasta, el número de animales apacentando en las diferentes pastas, la capacidad de pastoreo de cada animal o grupo de animales, el estado fisiológico de los animales, entre otros.

En este trabajo se asume que los resultados diferentes entre ambos hatos se debió entre otras cosas a:

El hato uno se movió durante el año en una mitad del rancho (ala sur) y el hato dos se mantuvo en la otra mitad (ala norte), donde pudo haber influido el tipo de vegetación en la pasta; las pastas en el ala norte tenían mayor proporción de arbustivas de porte alto (huizaches y mezquites de 2 a 4 m aprox.) mientras que en el ala sur había mayor proporción de gramíneas y herbáceas. Se asume que la vegetación del ala norte (básicamente arbustivas) no logró que el ganado llegara a la CC de 6, debido a que su calidad no lo permitía, pero en el invierno al reducirse las pocas gramíneas y hierbas, los animales dispusieron de arbustivas para alimentarse, de algún modo se espera que las arbustivas hayan permitido mantener una CC constante durante todo el año (5.5 en promedio).

En el ala sur había más hierbas y gramíneas de buena calidad que permitieron al ganado rebasar la CC 6, pero en el invierno esta vegetación

disminuyó forzando al ganado a consumir las pocas arbustivas presentes, que repercutió en pérdidas significativas de peso. Al iniciar la primavera las hierbas y gramíneas se incrementaron, promoviendo aumentos de peso en el ganado, que se reflejó en una CC variable a lo largo del año. (de 6.28 a 5.12 de CC).

El comportamiento distinto en ambos hatos parece coincidir con lo que Huston y Pinchack *et al.* reportan en 1991. Las hojas y tallos de las gramíneas en invierno tienen mayor contenido de fibra que las herbáceas y arbustivas, provocando al ganado consumir las arbustivas que son más digestibles. En la época de crecimiento del zacate, éste satisface los requerimientos nutricionales de los animales (proteína y energía). Huston *et al.*, (1993) afirman que en otoño e invierno son más nutritivas las arbustivas que las gramíneas maduras en las regiones áridas y semiáridas. De Luna (2005) coincide que algunas especies son consumidas sólo bajo condiciones específicas.

La edad del ganado y la habilidad de pastorear de cada animal pudo tener influencia en el resultado, una vaca de mayor edad, que tiene más años de conocer su entorno (agostadero), es más eficiente seleccionando su dieta que una vaca joven, debido a su experiencia y conocimiento del pastizal. El animal se establece en una localidad del potrero, utiliza su habilidad para pastorear la vegetación disponible. La experiencia de pastoreo y la destreza para buscar alimento fuera de las rutas conocidas influye en la selectividad del alimento. Es determinante en el pastoreo el hábito alimenticio y su aprendizaje, los animales muestran variaciones entre

localidades, entre estaciones del año, dentro de un periodo de unos cuantos días, dentro del mismo día y entre individuos (De Luna, 2005).

En ésta investigación los hatos no estaban homogéneos en cuanto a edad del ganado, había vacas que tenían desde 3 hasta 15 años de edad. La heterogeneidad dentro de cada hato y la superficie de cada pasta, (diferentes una de otra) pudieron ser clave en la obtención de dichos resultados.

4.4 Uso del software analizador del Balance Nutricional (NUTBAL)

El NUTBAL ayudó a predecir la CC (**figura 4.5**) que se presentaría en los siguientes treinta días, ésta predicción es comparada con la CC real que se presentó.

El NUTBAL sobreestimó ligeramente la CC, porque los hatos no estaban completamente homogéneos en cuanto a su estado fisiológico. En el hato uno en febrero, el NUTBAL predijo que la CC iba a descender y oportunamente se hizo el cambio de pasta, la reducción en CC no se presentó realmente. En julio, en el mismo hato el NUTBAL predijo un descenso de CC, al moverse de pasta se evitó la pérdida de peso, demostrando la utilidad y la importancia de manejar ésta herramienta que provee información oportuna.

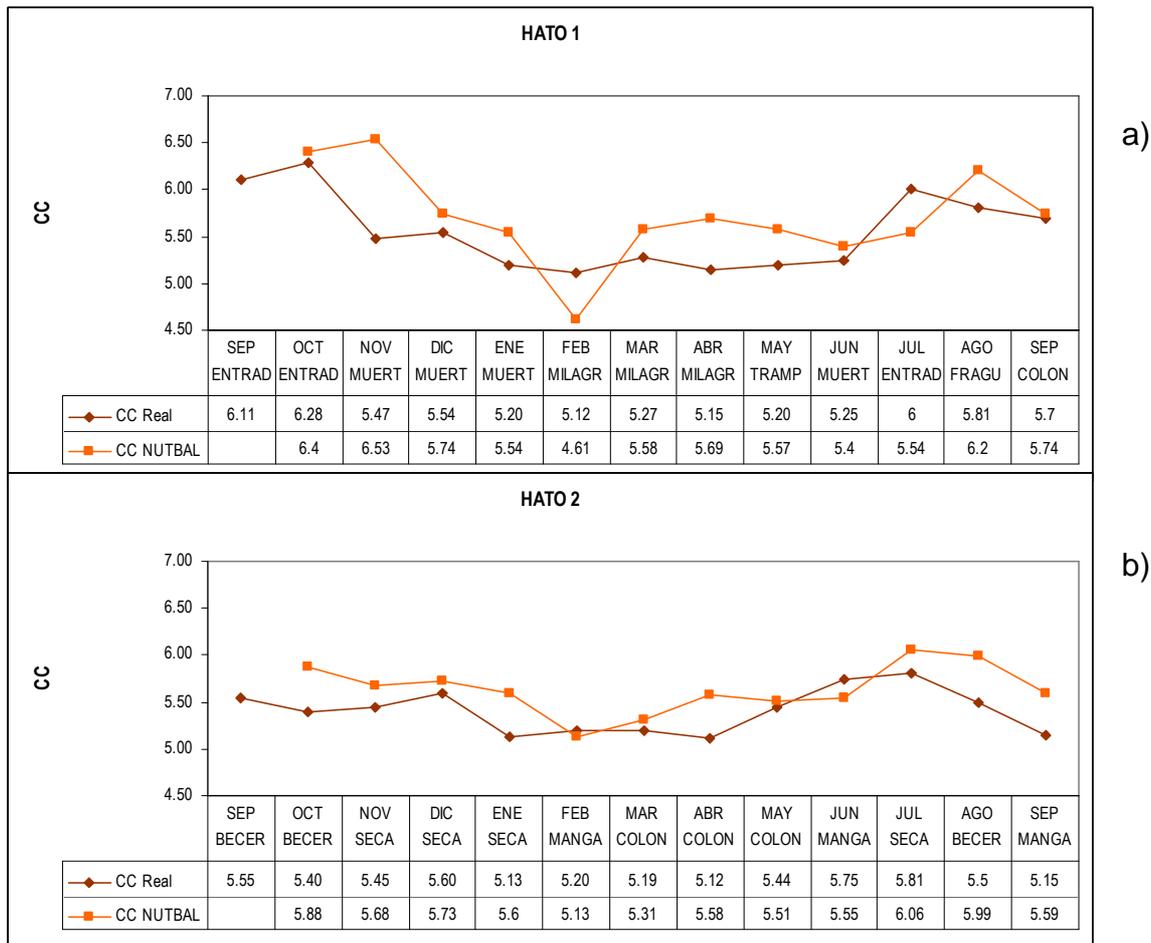


Figura 4.5 Comparación de la CC real con la predicción del NUTBAL.
 El primer dato de la predicción de CC del NUTBAL, debido a que necesita una calificación de CC real anterior, para entonces sobre ese dato real poder predecir el comportamiento en los 30 días posteriores.

5. CONCLUSIONES

- ✦ En este estudio se encontró; con un análisis de regresión simple, que ninguna de las variables independientes por sí solas, tiene relación con la CC (variable dependiente), pese a que se observaron tendencias positivas entre las variables independientes sobre la CC.
- ✦ En este trabajo se reporta que la calidad del pastizal y el complejo de factores ambientales, en conjunto, afectan entre un 30 a un 73% a la CC, este rango tan amplio se asume que es provocado a la diferencia entre pastas (sitios de pastizal y superficie total), a la habilidad del ganado para pastorear (edad o experiencia de los animales); y a la falta de más muestreos en otros ranchos para hacer una comparación más certera.
- ✦ El NUTBAL es una herramienta que predice la CC muy aproximada a la CC real observada.

LITERATURA CITADA

- Abrams, S. M.**, J. S. Sheik., M. O. Westerrhaus., F. E. Barto II. 1987. Determination of forage quality by Near infrared reflectance spectroscopy: Efficacy of broad-based calibration equations, *J. Dairy Sci.* 70:806-813.
- AFRC.**, 1996. Necesidades energéticas y protéicas de los rumiantes. Primera edición en español. Editorial Acribia. Zaragoza España. p. 98 y 99.
- Beaty, J. L.**, R. C. Cochran, B. A. Lintzenich, E. S. Vanzant, J. Morrill, R. T. Brandt, y D. E. Johnson. 1994. Effect of frequency of supplementation and protein concentration in supplements on performance and digestion characteristics of beef cattle consuming low-quality forages. *J. Anim. Sci.* 72:2475-2486.
- Cajal, M. C.**, G. H. Romero, G. C. Villalobos. 1982. valor nutritivo de la dieta del ganado bovino pastoreando en un matorral arbosufrutescente en Sonora: Reunión de investigación pecuaria en México 1987. consultado en: <http://patrocipes.uson.mx/patrocipes/invpec/ntricion/N87006.html>. mayo, 27, 2006.
- CNA.** 2003. estación climatológica de piedras Negras y Zaragoza Coah, Gerencia estatal en Coahuila Saltillo; subgerencia de ingeniería y apoyo técnico; departamento de hidrometría y climatología.
- Coates, D. B.** 2000. Fecal NIRS-what does it offer today's grazier? *Tropical Grasslands*, volumen 34, 230-239.
- De Luna, V. R.**, R. A. Vázquez, L. R. Pérez, R. V. Reynaga, H. S. Díaz., 2000. El Sobrepastoreo: ¿Cómo evitarlo?. Programa de vinculación y Capacitación Tecnológica en Ranchos Ganaderos. Apuntes de clase de manejo de pastizales.
- DelCurto, T.**, B. W. Hess, J. E. Huston, K. C. Olson. 2000. Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States. *J. Anim. Sci.* Suple 1.
- Eilers, J.** 2002. A survey analysis of the use of NIRS/NUTBAL to assess the nutritional requirements of free-ranging herbivore. Consultado en: <http://cnirit.tamu.edu/ganlab/index.htm>. Septiembre, 4, 2006.

- Enciclopedia de los Municipios de México.** 2005. Municipio de Zaragoza Coahuila. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Gobierno del Estado de Coahuila. Consultado en: www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/coahuila/mpios. Febrero, 9, 2007.
- Enciclopedia Microsoft® Encarta®** 2003. ©1993-2002 Microsoft Corporation.
- Falconer, L. L.,** J. L. Parker y J. M. McGrann. 1999. Cost of production analysis for the Texas cow-calf industry. *Tex. J. of Agr. And Nat. Res.* 12:7-13.
- Fernández, R. J.,** M. I. U. de Chávez, D. R. Virgüez y M. García. 1990. Efecto de la frecuencia de corte sobre el rendimiento y el valor nutritivo del pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en la Unidad Agroecológica 3e 144 del Valle de Aroa. *Zootecnia Tropical* 1991. Vol. 9(2): 165-179.
- FIRA,** 1993. Sitios de interés. Portal FIRA. Consultado en: <http://portal.fira.gob.mx/irj/servlet/prt/portal/prtroot/com.sap.portal.navigation.portallauncher.anonymous>. Enero, 17, 2007.
- Forbes. T. D.,** F. M. Rouquette Jr and J. W. Holloway. 1998. Comparisons among Tuli-, Brahman-, and Angus-sired heifers: intake, digesta kinetics, and grazing behaviour. *J. Anim. Sci.* Vol 76, Issue 1 220-227
- GANLab.** 2003. Grazing Animal Nutrition Lab. NIR Technology. Consultado en: <http://cnrit.tamu.edu/ganlab/technology/nirstechnology.htm> noviembre, 15, 2006.
- García E. R.,** y R. T. López, 1995. Suplementación alimenticia de ganado bovino en pastoreo fundamentos y estrategias. Departamento de producción animal. UAAAN. México. p 3 y 4.
- García E. R.** y López. 1998. programa de manejo en el rancho “Los Ángeles”, Saltillo, Coahuila. Resúmenes XIII Congreso Nacional de Pastizales. Aguascalientes, Aguascalientes, México. pp 87-100.
- George, M.,** J. Bartolome, N. McDougald, M. Connor M, C. Vaughn, G. Markegard, 1991. Annual Range Forage Production. Rangeland management series, Publication 8018. EUA.
- González, E. A. V.,** J. A. Ortega, J. M. Ávila. 2000. Manejo de la carga animal y su importancia en la ganadería. Investigadores del Programa Forrajes y Pastizales del C. E. Aldama-INIFAP-

SAGAR. Consultado en: www.manejodelacargaanimal.htm.
Noviembre, 25, 2006.

Gresham, J. D., J. W. Holloway, W. T. Butts, J. R. McCurley. 1986. Prediccion of mature cow carcass composition from live animal measurements. *J. Anim. Sci.* 63: 1041-1048.

Groenewald, T., 2001. Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIR) - La técnica de análisis rápidos del futuro. Consultado en: www.engormix.com/espectroscopia_infrarrojo_cercano_nir_s_articulo Enero, 19, 2007.

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. y S. Archer. 1998. rangeland ecosystems of south Texas: The keys to sustainability. En Management of grazinglands in northern Mexico and south Texas, Memorias de taller en Laredo, Texas, Junio 25 – 26, 1998. p. 1 – 11.

Hanselka, C. W., L. D. White y J. L. Holecheck. 2001b. Managing residual forage for rangeland health. Texas Cooperative Extension, E-128. 2 p.

Hanselka, C. W., E. V. González, L. D. White y J. A. Ortega. 2002. Producción de ganado en equilibrio con el potencial de los Recursos Naturales en el Noreste de México y sur de Texas. H.G. Ibarra, W. Hamilton y N. E. H. Treviño (eds.) Simp. Taller Aprov. Sust. Rec. Nat. N. Méx. S Tx. Perps. Cons. Tec. Nrest. Méx. S. Tex Guadalupe N. L. p 3 – 11.

Hart, C. R. 2000. Drought. Texas Agricultural Extension Service, L-5370. Inst. de Rec. Nat. 1999. la caja de herramientas sobre ganadería y medio ambiente. Consultado en: <http://lead.virtualcenter.org/es/dec/toolbox>. Septiembre, 20, 2006.

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

Herd, D. B. y L. R. Sprott. 1989. Body condition, nutrition and reproduction in beef cows. *TAEX Bull.* B. B-1526.

Hodgson J., 1990. *Grazing Management: Science into Practice.* Longman Scientific & Technical. New Zeland. p. 151.

- Holechek, I. J.**, Shenk, S. J., Vavra, M., D. Arthun. 1982. Prediction of forage quality using near infrared reflectance spectroscopy on esophageal fistula samples from cattle onmountain range. *J. Anim. Sci.* 55:971-975.
- Holechek, J. L.**, R. D. Piepier y C. H. Herbel. 1989. *Range Management: principles and practices*. 4nd ed. Upper Saddle River, New Jersey: Pretince Hall. 587 p.
- Huston, J. E.**, B. S. Rector, L. B. Merrill y B. S. Ingdall. 1981. Nutritive value of range plants in the Edwards Plateau region of Texas. *Tex. Agric. Exp. Stn. Bull.* 1357.
- Huston, J. E.**, W. E. Pinchak. 1991. Range animal nutrition. In: Heitschmidt y J.W. Stuth (eds)., *Grazing Management: an ecological perspective*. Timber Press, Portland, OR.
- Huston, J. E.**, P. V. Thompson, and C. A. Taylor. 1993. Combined effects of stocking rate and supplemental feeding level on adult beef cows grazing native rangeland in Texas. *J. Anim. Sci.* 71:3458-3465.
- Huston, J. E.**, C. A. Taylor y E. Straka. 1994. Effects of juniper on livestock. In: *Juniper Symposium 1994 proceedings*. Technical report 92-2. Texas A&M University Research Station. Sonora, TX.
- Ibarra, F.A. F.**, 1990. Importancia de los sistemas de pastoreo. Memorias de los festejos conmemorativos del 21 aniversario del CIPES. Consultado en: <http://patrocipes.uson.mx/patrocipes.uson.mx/patrocipes/invpec/pastizales> Noviembre, 22, 2006.
- Instituto de Recursos Naturales**, 1999. la caja de herramientas sobre ganadería y medio ambiente. Consultado en: <http://lead.virtualcenter.org/es/dec/toolbox/index.htm> noviembre, 4, 2006.
- Jagush, K., R.** Gumbrell, M. Mobley, and N. Jay. 1976. Effect on growth of early weaning lambs onto pure lucerne stand. *N.Z. J. Exp. Agric.* 5:19-22.
- Kunkle, W. E.**, R. S. Sand, P. Y. Garcés. 1994. Aplicación de nuevas estrategias para el desarrollo de vaquillas. *Curso de Alternativas de manejo de bovinos para carne en pastoreo*. UACH. p. 95-97.
- Launchbaugh, K. L.**, J. W. Stuth, J. W. Holloway 1990. Influence of range site on diet selection and nutrient intake of cattle. *J. Range. Management.* 43:109,116.

- Livestock Environment and Development Initiative y FAO**, (1999). pastoreo y ramoneo excesivos. Caja de herramientas de ganadería y medioambiente. Consultado en : <http://www.virtualcentre.org/es/dec/toolbox/Index.htm>. Enero, 23, 2007.
- López T. R.**, y R. E. García. 2000. Estrategias de suplementación de bovinos en pastoreo. Com. Gan. Vol. 2 Num. 11 p 8-9.
- López, R. T.**, 2003. Cambios en el manejo del potrero. Apuntes de clase (acetatos) de nutrición de rumiantes en agostadero. 50 p.
- Lyons, R. K.**, W. J. Stuth. 1991. Procedures for processing cattle fecal samples for NIRS analysis. Anim. Feed and Technology. 35:21.
- Lyons, R. K.**, J. W. Stuth. 1992. Fecal NIRS Equations for predicting diet quality of free-ranging cattle. J. Range Management. 45:238-244.
- Lyons, R. K.**, J. W. Stuth, J. E. Huston and P. Angerer. 1993. Predictions of the nutrient composition of the diets of supplemented versus unsupplemented grazing beef cows based on Near-infrared reflectance spectroscopy of feces. J. Anim. Sci. 71:530-538.
- Lyons, R. K.**, J. W. Stuth, P. Angerer. 1995. Technical note: fecal NIRS equation field validation. J. Range Management 48(4): 380-382.
- Lyons, R. K.**, T. D. A. Forbs y R. Machen. 1996. What range herbivores eat and why, B-6037. Texas Agricultural Extension Service. College Station.
- Lyons, R. K.**; Machen, R y Forbes, T. D. A. 2000. ¿Por qué cambia la calidad del forraje en los pastizales?. Tex. Agri. Ext. Ser. Sis. E-99S 7-01.
- Mader T. L.** 2003. Environmental stress in confined beef cattle. J. Anim. Sci. 81:E110-E119
- Maltos, R. J.**, L. Padilla, J. L. Berlanga. 2000. La eficiencia reproductiva del ganado en pastoreo asociación ganadera local Ocampo alianza para el campo. Nota Técnica UAAAN, Saltillo, Coah. México.
- Melo, E. O.**, 2006. Restricciones a la producción en pastoreo. Congreso Ganadero del Norte Argentino. Consultado en: http://www.aacrea.org.ar/areastec/congreso_ganadero/congreso_ganadero.htm enero, 20, 2007.
- Mendoza, J. M.** 1993. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. Ed. UAAAN Saltillo, Coahuila., México.

- Neumann, A. L.,** Lusby, K. S. 1986. Beef cattle. NRC - Nutrient requirements of beef cattle. National Academic Press. 326p.
- Ochoa, F. R.** 2002. Mercados de la carne de res en América del norte: Tendencias y oportunidades. Memorias simposium taller: Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en el noreste de México y Sur de Texas "Avances y Perspectivas". pp 13-23.
- Ortega, J. A.** y E. A. González. 1992. estrategias de producción de carne de bovino en pastoreo. p. 5-14. En: Simposio sobre ganadería tropical "producción de becerros para engorda. SARH-INIFAP-CIRNE. Hueytamalco, Pue. México.
- Ponce. C. E.,** 2005. Uso del sistema de espectroscopia de reflexión infrarojo (NIRS) para la determinación de la calidad de la dieta de ganado bovino en pastoreo extensivo en el norte de México. Tesis de licenciatura Ing. Agro. Zootecnista. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Randel, R. D.,** J. W. Holloway, J. Villarreal y A. González. 2002. Manejo reproductivo y nutricional- La importancia de la condición corporal. Memorias simposium taller: Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en el noreste de México y Sur de Texas "Avances y Perspectivas. pp. 31-35.
- Rosales, R.** 2000. Efecto de la variabilidad climática en la región Chorotega sobre la productividad de carne bovina en Costa Rica. Facultad de Agron. y Zootecnia, Univ. de Costa Rica. Consultado en: http://www.imn.ac.cr/publicaciones/estudios/Variab_clima_ganado_carne. enero, 25, 2007.
- Selk, G. E.,** y K. S. Lusby, 1990. The management of beef cattle for efficient reproduction. E- 888869. Cooperative Extension Service. Oklahoma State University. pp 22.
- Society for Range Management.** 1974. A glossary of terms used in range management. 2nd. Ed. Society for Range Management, Denver Colo.
- Soto, P.,** E. Jahn. 1993. Use of irrigated lucerne in different growth stages. Evaluation under cutting. p. 869-870. Proceeding of the XVIII International Grassland Congress,
- Steffen, D.** 2001. NUTBAL & fecal sampling- prediction of performance. Consultado en: <http://cnrit.tamu.edu/ganlab/index.htm>. Octubre, 23, 2006.

- Stoddart L. and A. D. Smith.** 1943. Range Management. Mc Graw-Hill. New York. Consultado en: www.inta.gov.ar/santacruz/info/documentos/recreat. Febrero, 10, 2007.
- Stuth, W. J., E. D. Kapes,, Lyons, R. K.** 1989. Use of near infrared spectroscopy to assess nutritional status of cattle diets on rangeland. International Grassland Congress. 26:889. Nice, France.
- Stuth, W. J.** 1998. Nutrición de vacas adultas en la zona de matorrales del sur de Texas: NIRS/NUTBAL, un sistema de manejo nutricional. Memorias:Taller de ganadería de bovinos de carne del Norte de México y Sur de Texas. Cd. Victoria Tamaulipas, México pp. 56-64.
- Terrell, C. L.** "Ganado bovino para carne". Pond, W. G., D. C. Church y K. R. Pond (ed)., 2002. fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Laparra Vega, J. L., (rev). Pérez Calderón L. J. (trad). 2ª edición. UTEHA WILEY. México. p. 409-422.
- Tolleson, D.** 2001. The application of NIRS in range and animal sciences. Consultado en: <http://cnrit.tamu.edu/gan/lab/inde.htm>. Octubre 7, 2006.
- Tootill, E.** 1982. Diccionario de Biología. Colección llave de la ciencia, Ed. Norma. México. p 342
- Vallentine, J.F.**1990. Grazing management. Academic Press, Inc. USA. p528
- Vázquez, A. R.** 1992. Plantas de pastizales del Rancho "La Salada", Jiménez, Coahuila, México.
- Vázquez, S. D.,** 2004. Relación entre el perfil nutricional del pastizal y las condiciones climáticas con la condición corporal de bovinos en apacentamiento utilizando el sistema NIRS/ NUTBAL. Tesis de Licenciatura de Ing. Agro. Zootecnista. UAAAN, Saltillo, Coahuila. México.
- Voisin. A.** 1967. Productividad de la hierba. Ed. TECNOS, S. A. Madrid, España. pp 172-178
- Winder, J. A., C. C. Bailey, M. Thomas and J. Holechek,** 2000. Breed and stocking rate effects on Chihuahua desert cattle production. J. Range Management.
- White, L. D.,** 1995. Do you have enough forage? Texas Agriculture Extension Service, Leaflet, L-5141, college Station, Texas.

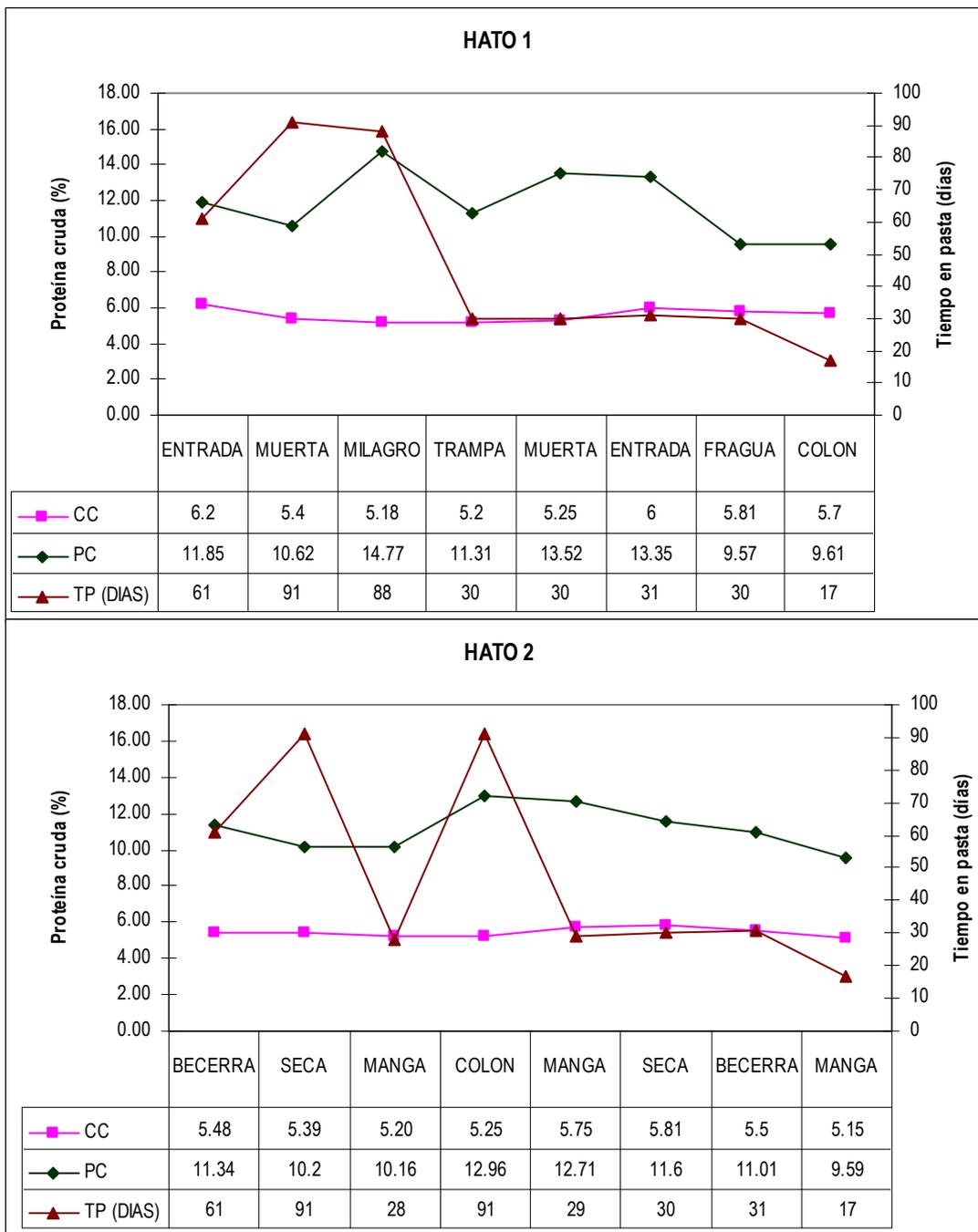
White, D, and T. R. Troxel. (2000). Balance entre la producción y demanda de forraje de los pastizales. Tex. Agri. Serv. Sys. E-96S 6-01.

Zaleski, L. 2007. How hopper works and why. Decision support tools (2A of 11). Consultado en: www.sidney.ars.usda.gov/grasshopper/Handbook/. Enero, 27, 2007.

Zea, J. y M. D. Díaz. 2000. el pasto y la alimentación del ternero de carne. Rev. Mundo ganadero. Vol. 118. p. 45.

7. APÉNDICES

A. Permanencia en pastas



a)

b)

Figura 7.1 Efecto del tiempo en pasta sobre la PC y CC

B. Superficie de las pastas, tiempo en pasta (TP), contenido de proteína cruda, materia orgánica digestible y su efecto en la condición corporal en ambos hatos.

Pasta	Superficie (ha)	HATO 1			
		TP (días)	PC (%)	MOD (%)	CC (1-9)
Entrada	492.7	48	11.85	62.8	6.2
Muerta	707.2	91	10.62	58.84	5.4
Milagro	676.7	88	14.77	63.58	5.18
Trampa	124.5	30	11.31	61.05	5.2
Muerta	707.2	30	13.52	63.38	5.25
Entrada	492.7	31	13.35	63.1	6
Fragua	866.5	30	9.57	59.9	5.81
Colón	592.2	17	9.61	63.25	5.7
		HATO 2			
Becerra	722.2	48	11.34	62.26	5.48
Seca	518.7	91	10.2	59.52	5.39
Manga	724.9	28	10.16	59.7	5.2
Colón	592.2	91	12.96	62.86	5.25
Manga	724.9	29	12.71	63.95	5.75
Seca	518.7	30	11.6	62.86	5.81
Becerra	722.2	31	11.01	62.14	5.5
Manga	724.9	17	9.59	63.28	5.15

Los datos de PC, MOD y CC de las pastas que estuvieron siendo utilizadas por mas de un mes, se promediaron para obtener un valor medio durante el periodo de utilización.

La carga animal total del rancho fue de 14.20 ha/UA/año (considerando equinos, caprinos y ovinos), pero también se calculó la carga animal (CA) correspondiente a cada hato (1 Y 2); sumando las superficies de las pastas asignadas a cada hato a lo largo del año, y dividiéndolas entre las Unidades Animal presentes en cada uno de los hatos.

C. Superficie total asignada a cada hato y su respectiva Carga Animal (CA)

Pasta	Superficie de las pastas (ha)	Unidades Animal por hato (UA)	Carga Animal (ha/UA/año) por hato
HATO 1			
Entrada	492.7		
Muerta	707.2		
Milagro	676.7		
Trampa	124.5		
Fragua	866.5		
Colón	592.2		
Superficie total asignada	3460.3	143.17*	24.17
HATO 2			
Becerra	722.2		
Seca	518.7		
Manga	724.9		
Colón	592.2		
Superficie total asignada	2558.5	143.17*	17.87

* Al iniciar el estudio, cada hato comprendía de 130 vacas, se asumió el peso promedio de 500 kg, por vaca, se dividió entre 454 para convertir de kilogramos a Unidad Animal obteniendo 143.17 UA.

