

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Aspectos geográficos y climáticos del noreste de México

La región noreste de México comprende los estados de Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila, que en conjunto ocupan 29.4 millones de hectáreas, constituyendo el 15 % de la superficie del territorio nacional (González y Guzmán, 1998). De los tres estados, Coahuila es el de mayor superficie con 149,982 km², siguiendo el estado de Tamaulipas con 79,384 km² y finalmente el estado de Nuevo León con 64,924 km² (Rodríguez *et al.*, 1998). Las características fisiográficas de la región Noreste permite reconocer tres áreas principales, la Planicie Costera Norte-Oriental, la Sierra Madre Oriental y el Altiplano Mexicano (González y Guzmán, 1998).

La región está generalmente caracterizada por zonas subtropicales, áridas y semiáridas, donde la vegetación principal incluye arbustos, cubierta de vegetación primaria (bosque), especies del pastizal, como el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) y otros pastos. También se caracteriza por poseer una gran cantidad de recursos naturales, e importantes sistemas de producción en el sector agrícola (Tewolde y Núñez, 1998). El promedio de lluvia fluctúa entre menos de 300 mm en algunas partes de Nuevo León y Coahuila, a 2000 mm en las tierras altas del sur de Tamaulipas. La temperatura anual oscila entre bajo cero en invierno hasta 40 grados centígrados durante el verano (INEGI, 1991).

2.2 Ganado bovino en el noreste de México

2.2.1 Inventario ganadero

El inventario nacional en 1991 estaba compuesto por 24;611,862 cabezas de ganado, de las cuales 985,175 correspondían al estado de Tamaulipas lo que representa el 4.3 % de la existencia nacional ocupando el décimo lugar en la cría y explotación de bovinos a nivel nacional, el estado de Nuevo León con 694,319

cabezas de ganado representa el 3 % de la existencia del país ocupando el décimo sexto lugar y Coahuila con 750 797 cabezas representa el 3.18 % ocupando el décimo cuarto lugar. En conjunto la región noreste participa con el 10.48 % del inventario nacional de ganado bovino (INEGI, 1991).

De los tres estados que conforman la región Noreste, en Tamaulipas, el 94.1% del ganado adulto son vacas vientre, y de éstas el 69.6 % corresponde a ganado de razas productoras de carne. Otro rubro importante en la ganadería Tamaulipeca es el 22 % de los vientres que está destinado a lo que se denomina doble propósito, siendo el valor más alto a nivel regional. En Nuevo León solo el 8.2 % son para la producción de leche, 77.8 % para la producción de carne y el 14.0 % se destinan para doble propósito, siendo este el Estado que contiene el mayor número de ganado productor de carne. Coahuila reporta un 73.3 % para ganado de carne y el resto dividido para la producción de leche (13.7 %) y doble propósito (13 %) (INEGI, 1991).

2.2.2 Razas predominantes de bovinos de carne

En México es común clasificar al ganado según su pureza en ganado fino o razas puras (de registro), cruce (cebú con razas europeas) y ganado criollo. INEGI (1991) define como ganado criollo aquel que no presenta características fenotípicas identificadas para una raza. Difiriendo con Rousse (1977; citado por Rodríguez *et al.*, 1998), quién considera que el ganado criollo en América es producto de la adaptación y selección del ganado original llegado de España y del cual conserva rasgos fenotípicos similares, y que para el caso de México dice encontrarlo en 1986, solo en algunas partes de Baja California y en forma controlada en el Rancho "El Respiro" en Veracruz.

Las razas más predominantes en la región son, *Bos taurus*, principalmente representados por Charoláis, Hereford, Simmental y Angus, y *Bos indicus* constituidos por las razas Brahman, Indobrasil, Gyr y Nelore. También existen las

razas sintéticas como la Beefmaster, Santa Gertrudis y la raza Mexicana Tropicarne entre otras (Tewolde y Núñez, 1998).

Por lo que se refiere a la calidad del ganado, en el estado de Tamaulipas el 12.62 % son criollos, 45.33 % de ganado cruzado y 42 % de razas puras. Para Nuevo León, el 17.0 % son criollos, el 42.2 % son de cruce y 40.8 % son razas puras. Para el caso de Coahuila el 9.6 % son criollos, el 42.0 % son de cruce y 48.3 % son razas puras (INEGI, 1991).

2.3 Sistemas de producción de bovinos de carne en el noreste de México

Los sistemas de producción utilizados en el Noreste de México y en general los del resto del país han sufrido pocos cambios desde hace más de dos décadas. Actualmente los tres estados que conforman esta región, a pesar de sus diferencias en crecimiento económico y actividad industrial, guardan cierta similitud en las actividades productivas y comerciales de orden ganadero que realizan. Considerando las variantes ecológicas de cada región, se detectan varios sistemas de producción que han sido la base de la industria ganadera del noreste. Estos son propuestos y clasificados en primera instancia de acuerdo al producto final del sistema y posteriormente al nivel de insumos o de alimentos que requieran para la producción.

2.3.1 Sistema de producción vaca-becerro.

Es uno de los sistemas fundadores de la ganadería actual del norte de México. Su desarrollo tuvo lugar en las zonas áridas y semiáridas del país, áreas que presentan estacionalidad en lluvias, que ocurren básicamente en verano con inviernos duros y escasa humedad. Este sistema de producción es dominante en la región noreste de México. La principal característica de este sistema es la venta de becerros al destete (Rodríguez *et al.*, 1998).

La producción ganadera de éstas áreas se centra básicamente en obtener pariciones de primavera-verano y destetes antes de la presencia de la primera helada (180-240 días de edad), todo con el fin de lograr el máximo desarrollo del becerro en la época de crecimiento del forraje. Después del destete, una gran parte de los becerros son comercializados a los Estados Unidos (Rodríguez *et al.*, 1998). El sistema de becerro destetado como producto exclusivo de exportación a los Estados Unidos tuvo sus inicios hace más de un siglo, con periodos de interrupción de 1910 a 1916 y 1946 a 1954 por el problema de la fiebre aftosa, alcanzando el máximo número de animales importados en el ciclo ganadero de 1992-1993 con 1 298 767 cabezas de ganado (SARH, 1994, citado por Rodríguez, *et al.*, 1998).

Las principales características de este sistema están basadas en que la producción ganadera depende en su mayor parte del forraje producido en las tierras de pastizal y que la capacidad de carga de estas tierras fluctúa entre 10 a 50 has por unidad animal. Este sistema de producción es dominante en el estado de Coahuila, en gran parte del estado de Nuevo León y minoritariamente en Tamaulipas (Rodríguez *et al.*, 1998).

Las razas utilizadas en éstos sistemas son principalmente de dos tipos, distribuidos en base a las condiciones de la región y sobre todo a la existencia de garrapata. Se localiza la presencia de razas europeas (Charoláis, Angus, Hereford, Beefmaster y Simmental entre otras) en las regiones áridas y semiáridas de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, principalmente el norte y norte-oeste. En las regiones infestadas de garrapata se encuentran principalmente bovinos provenientes de cruces de vacas de sangre cebuinas con toros de razas europeas, lo cual les permite una mayor adaptabilidad a la garrapata.

Sin embargo este sistema de producción presenta, entre otros problemas, el uso indiscriminado de cruzamientos, resultando esto en la pérdida total de la utilización del vigor híbrido que pudiera resultar de un sistema de cruzamiento ordenado (González y Guzmán, 1998).

2.3.2 Otros Sistemas de producción

2.3.2.1 Sistema de producción de doble propósito

Este sistema es predominantemente utilizado en regiones clasificadas como de trópico seco a trópico húmedo de la parte Sur del estado de Tamaulipas. Se caracteriza por producir carne y leche, combinando el ordeño con el amamantamiento de los becerros hasta el destete, (Magaña *et al.*, 2000). Los animales son de genotipos diversos provenientes del cruzamiento de razas Cebú (Brahman, Gyr, Indubrasil, Guzerat, etc.) x Europeas (Holstein, Pardo Suizo, Simmental, etc.) (INIFAP, 1999).

Como característica distintiva de este sistema, es que la principal fuente de alimentación para el ganado son praderas de origen nativo o especies introducidas de origen tropical, las cuales tienen una capacidad de carga de 1 a 2 has por unidad animal en praderas mejoradas y de 3 a 4 has en el caso de áreas sin mejoramiento. Los productos terminales son leche y carne del becerro destetado (Magaña *et al.*, 2000).

2.3.2.2 Sistema de engorda en corral

Dos de las más importantes áreas de engorda en el país se encuentran en la región noreste, una de ellas en el estado de Coahuila, ubicada en la región Lagunera, La otra área que en los últimos años ha surgido como una de las más importantes en México, es la región de Monterrey, donde se ha desarrollado tecnología para la engorda de ganado similar a la de los Estados Unidos (Rodríguez *et al.*, 1998). Inicialmente las engordas estaban basadas en raciones con subproductos agrícolas, ahora están haciendo uso de raciones altamente energéticas.

El sistema se caracteriza por utilizar como principal materia prima las becerros de destete, ya que los machos se destinan a la exportación. Los animales son mantenidos en el corral de engorda por un periodo de 90 a 120 días. Se utiliza grano de sorgo como ingrediente básico de las raciones alimenticias, para el caso de la región noreste ya que Tamaulipas es considerado el número uno a nivel nacional en la producción de sorgo, contribuyendo con un 38.3 % del volumen nacional (INEGI, 1991).

2.3.2.3 Sistema de desarrollo de becerros en praderas

Las superficies de praderas invernales son importante en la región noreste en los estados de Coahuila y Nuevo León y de menor importancia en Tamaulipas. Estas son las extensiones que tienen potencial agrícola y las cuales después de la cosecha captan los becerros y becerros de destete de la región con el fin de comercializarlos una vez que se les ha creado un valor agregado (Rodríguez *et al.*, 1998).

2.3.2.4 Sistema de producción de pie de cría

Con relación a la producción de ganado para pie de cría, la región noreste ha contribuido en la formación y difusión de razas europeas y americanas. En Coahuila se inició la cría de ganado Charoláis y que tanta influencia ha tenido en la ganadería del estado y las áreas circundantes; de igual forma en el mismo estado se encuentran los hatos fundadores en México de ganado Santa Gertrudis y Beefmaster.

La operación de éste sistema se debe realizar de preferencia en áreas de pastizales y praderas similares a donde se desarrolla el sistema de cría de becerros al destete. Se caracteriza por tener una inversión muy superior por unidad animal a la ganadería productora de animales comerciales. El productor tiene que hacer uso de tecnología tales como inseminación artificial y transplantes

de embriones para la adquisición y renovación de material genético. La comercialización de los productos de este sistema, toretes y vaquillas están sujetos a los resultados de la operación del sistema de becerros al destete (Rodríguez *et al.*, 1998).

2.4 Vegetación del noreste de México

La vegetación del noreste de México se puede agrupar en cuatro asociaciones que son: La selva, el bosque, el matorral y el pastizal.

Las selvas son caducifolias y varían de bajas a medianas, se hallan en el estado de Tamaulipas donde se desarrollan en laderas de sierras, incluyen especies como el Orejón (*Enterolobium cyclocarpum*), raspador (*Lysiloma microphyllum*) y la mahuirá (*Phoebe tampicensis*). Una variante de la selva se distribuye preferentemente hacia la costa y esta caracterizada por una gran cantidad de leguminosas espinosas. Los bosques se localizan básicamente en las partes altas y medianas de las sierras. Existen diferentes tipos como: el aciculifolio de pinos piñoneros (*Pinus cembroides*), el caducifolio en la Sierra Madre Oriental y se compone principalmente por encinos (*Quercus spp.*) y alamillos (*Liquidambar styraciflua*) (Ibarra *et al.*, 1998).

El matorral se subdivide en cuatro grandes comunidades: bajo, mediano, alto y matorral crasirrosulifolio. El matorral bajo espinoso e inerme con especies que miden entre 0.30 y 1.5 m, se encuentra en el altiplano al oeste de la Sierra Madre Oriental. Abarca casi todo Coahuila. Algunas de las especies predominantes son, el guayacán (*Poerleria angustifolia*), cenizo (*Leucophyllum texanum*), hojaseña (*Flourensia cernua*), gobernadora (*Larrea tridentata*), chaparro prieto (*Acacia rigidula*), palma (*Yuca spp.*), nopal (*Opuntia spp.*) etc.

El matorral mediano principalmente espinoso y subinerme con un altura de sus especies dominantes entre 1.5 y 3 m, se localizan al noreste de Coahuila, en casi

todo el estado de Nuevo León y al norte y noreste de Tamaulipas. Algunas especies predominantes son, el chaparro amargoso (*Castela texana*), guayacán (*Poerleria angustifolia*), huajillo (*Acacia berlandieri*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), anacahuita (*Cordia boissieri*), cenizo (*Leucophyllum texanum*), ebano (*Pithecellobium brevifolium*), etc.

El matorral alto, subinerme y espinoso, con una altura entre 3 y 5 m, se encuentran localizados al oriente de la Sierra Madre Oriental, abarca la parte central de Nuevo León y, el centro y parte del norte de Tamaulipas. Algunas especies predominantes son: chaparro prieto (*Acacia rigidula*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), anacahuita (*Cordia boissieri*) entre otras. El matorral espinoso se localiza en las laderas y lomeríos en la parte Occidental de la Sierra Madre Oriental. Como especies dominantes se pueden mencionar la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), guapilla (*Hechita glomerata*) y el sotol (*Dasyilirion spp*) (Ibarra et al , 1998)

Los pastizales los clasifican en mediano y amacollado abierto, halófito y zacatonal. Los pastizales mediano abierto y amacollado abierto se encuentran principalmente en el altiplano suroeste de Nuevo León y parte norte de Coahuila en donde las especies dominantes son del genero *Bouteloua spp.*, zacate búfalo (*Buchloe dactyloides*). Los zacates halófitos se localizan en cuencas del altiplano y en las cuencas de la laguna, algunas de las especies dominantes son el zacate toboso (*Hilaria mutica*), zacate mezquite (*Hilaria belangeri*), etc. Los zacatonales se localizan a lo largo de la costa del Golfo de México entre los que se encuentran el zacahuistle (*Spartina spartinae*), saladillo (*Clappia suaedaefolia*), etc.

2.4.1 Recursos forrajeros predominantes en el noreste de México

La región tiene una amplia variedad de agostaderos, los cuales tradicionalmente han sido utilizados como una fuente de forraje para el pastoreo de animales domésticos y han sostenido un gran número de animales silvestres.

Tamaulipas cuenta con praderas, con una superficie de 1 063 000 has de buffel (*Cenchrus ciliaris*), guinea (*Panicum maximum*) y estrella africana (*Cynodon plectostachyus*). Nuevo León tiene una superficie aproximada de 500 000 has principalmente de buffel y Coahuila cuenta con una superficie de 90 000 has principalmente de buffel y ballico anual (*Lolium multiflorum*) (Díaz *et al.*, 1998).

Los nopales (*Opuntia spp.*) forrajeros, presentan una perfecta adaptación a condiciones de aridez y constituyen un forraje aceptado por los rumiantes, tanto en condiciones de estabulación como de pastoreo. Actualmente, gran parte de la industria pecuaria de las zonas áridas del Norte y Centro de México tienen en el nopal un recurso forrajero importante. En 1966 se utilizaron 600 toneladas diarias en la alimentación del ganado lechero estabulado en Monterrey, N. L. y 100 toneladas en Saltillo, Coahuila (Granados y Castañeda, 1991).

En México el nopal se encuentra en casi todo el territorio nacional, sin embargo, su importancia pecuaria está localizada en los estados del Norte. González y Scheffey (1964); citados por Flores y Aguirre, 1992) indican que para los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, las especies forrajeras más importantes son: *Opuntia cantabrigensis* (cuijo) y *Opuntia lindheimeri* (cacanapo).

2.4.2 Coeficiente de agostadero

La capacidad de carga ó coeficiente de agostadero se expresa en ha/UA, definida como la máxima carga animal que puede soportar un agostadero sin causar deterioro en la vegetación y los recursos relacionados. La capacidad de carga de un agostadero, puede variar año con año debido a las fluctuaciones en su producción forrajera (Society for Range Management, 1974; citado por Ibarra *et al.*, 1998)

En los agostaderos de la región, existe una diversidad de coeficientes de agostadero. Una buena condición se observa en una pequeña área del sureste de

Tamaulipas donde los coeficientes de agostadero son de 0.8 a 1.0 ha por unidad animal por año. Sin embargo, la mayoría de los agostaderos de la región tienen menor capacidad de carga, llegando a requerirse hasta de 45 a 80 ha/UA como en los agostaderos del estado de Coahuila (Jaramillo *et al.*, 1991).

2.4.3 Producción y valor nutritivo del forraje

Por la superficie que ocupa, el pasto más importante para el Noreste de México es el Buffel. Este es una especie perenne con crecimiento de verano, originario del sur de África e introducido al centro de Texas en 1917 y liberado hasta 1949 para su uso en el sur de Texas (Holt, 1985; citado por Díaz *et al.*, 1998). En el noreste de México fue introducido en los años 50 y se naturalizó al encontrar condiciones climáticas y edáficas adecuadas para su desarrollo y multiplicación. El impacto económico de las praderas de Buffel se observa en el incremento en la capacidad de carga. Por ejemplo, en la selva baja espinosa de Tamaulipas, la vegetación original tendría una capacidad de carga de 35 000 unidades-animal-año (UAA) y al ser transformadas en praderas de Buffel esta se amplía a 120 000 UAA (Saldivar, 1991). En Tamaulipas, las praderas de Buffel en zonas de 800 mm anuales pueden mantener hasta 3.7 UAA por hectárea (COTECOCA, 1978)

La producción de forraje se ve afectada por una serie de factores tales como precipitación, temperatura, manejo de la pradera, etc. Para el caso del Buffel por ser básicamente de temporal, su producción es muy variable, dependiendo de la precipitación pluvial. Produce de 1 a 6 ton MS/ha/año. En el invierno con el frío se seca rápidamente rebrotando en cualquier época del año, siempre y cuando exista humedad ó se presenten las lluvias (SAGAR S/A).

Por otro lado, se reporta una producción de 2.5 ton/ha de materia seca en un corte que se realizó después de finalizar la temporada de lluvias en una pradera bien establecida en Hermosillo, Sonora, a pesar de que este había sido un año con precipitaciones muy inferior al promedio (Ayerza, 1981).

2.4.3.1 Contenido proteico en forrajes

Las interacciones clima-suelo producirán marcadas diferencias en los valores nutritivos de un mismo pasto en las distintas áreas de utilización. Cruz Piñero, (citado por Ayerza, 1981) reporta al zacate Buffel para la zona de Nuevo León: con una proteína cruda de 8.6%, extracto etéreo de 1.8%, ceniza 6.4% y fibra cruda de 26.1%.

El contenido de nutrientes también se ve afectado por los distintos estados de crecimiento, Sen (1978, citado por Ayerza, 1981) reporta valores máximos de 12% de proteína cruda y un 3% como valor mínimo en la etapa madura. Kelk y Donaldson (1974, citados por Ayerza, 1981) reportan que el Buffel cortado a intervalos de 6-8 semanas y debidamente fertilizado, tendrá un contenido de proteína cruda del 8-10%, fibra cruda de 35-40% y una digestibilidad del 60%.

El nopal, recurso forrajero de gran importancia en el noreste de México en las épocas críticas, también presenta variaciones en el contenido de nutrientes. El contenido de proteína cruda del nopal (*Opuntia spp*) desciende conforme avanza la edad. Bauer y Flores (1969; citados por Flores y Aguirre, 1992) reportaron valores de 6.3, 5.9 y 4.3% de proteína cruda para 3, 5 y 6 meses de edad, respectivamente.

2.4.3.2 Contenido energético en forrajes

El valor nutritivo de casi todas las especies de plantas forrajeras del pastizal varía con relación a la madurez de las plantas. Las plantas son altamente suculentas en las primeras etapas de crecimiento; su alto contenido de proteína cruda en relación con un bajo contenido de fibra en esta etapa de crecimiento hace a las plantas altamente nutritivas como fuente de forraje para los animales en pastoreo. Sin embargo, su valor nutritivo disminuye generalmente a medida que las plantas avanzan en su estado de madurez.

El contenido de energía metabolizable (EM) también se modifica a medida que la etapa de crecimiento avanza. Gutiérrez (1991) reporta contenidos de 2.27, 2.38, 1.91 y 1.83 Mcal/kg de EM en muestras tomadas de praderas de gramíneas, en las etapas de crecimiento, floración, madurez y latencia, respectivamente.

Tendencias estacionales similares han sido observadas en arbustos y hierbas, con la diferencia que las hierbas retienen comparativamente menos proteína cruda y fósforo que los arbustos. Los valores más bajos se reportan en Junio, Noviembre y Diciembre con 1.11, 1.22 y 1.02 Mcal/kg de EM, respectivamente, y los más altos en Julio, Agosto y Septiembre con 1.91, 1.94 y 1.80 Mcal/kg de EM, respectivamente (Gutiérrez, 1991). Para el caso del Buffel, Kearn (1982) reporta valores de EM de 1.90 Mcal/kg.

A partir de la digestibilidad de la materia orgánica *in vitro* o *in situ*, puede ser estimado el valor de EM de un forraje (Deshck *et al.*, 1998; citados por Gutiérrez, 2001). Para el caso del nopal la estimación es de 1.92 Mcal de EM/kg MS lo que corresponde a 52% de NDT (Gutiérrez, 2001). Shoop *et al.* (1977, citados por Gutiérrez, 2001) estimaron un valor de energía digestible para el nopal de 2.61 Mcal/Kg, lo que representaría según los cálculos del NRC (1996) un valor de 2.1 Mcal EM/Kg (2.61×0.82).

2.4.4 Digestibilidad

El análisis químico es el punto de partida para determinar el valor nutritivo de las plantas forrajeras de los pastizales, pero el valor real del forraje para los animales en pastoreo sólo puede ser obtenido después de determinar su digestibilidad y la respuesta animal en términos de carne y leche.

La digestibilidad proporciona la mejor evaluación práctica de la calidad de la dieta de los animales en pastoreo, porque indica la porción que puede ser realmente utilizada por el organismo (Gutiérrez, 1991).

Comparativamente, los pastos tropicales son de inferior calidad que los de regiones templadas, ya que las cifras obtenidas para la digestibilidad de la materia orgánica de pastos templados de áreas húmedas pueden ser hasta 20% mayores que la de pastos tropicales (Ayerza, 1981).

De acuerdo con Donaldson (1979, citado por Ayerza, 1981), la digestibilidad de la materia seca del Buffel varía desde un 70% en estado joven a menos del 50% en estado maduro. La digestibilidad de los nutrientes del nopal varía con la edad de la penca, la especie y en relación a la época del año (Flores y Aguirre, 1992). Estos mismos investigadores presentaron porcentajes de digestibilidad de varios autores, con diferentes especies animales, en bovinos reportaron de 69 a 71% la digestibilidad de la materia orgánica del nopal.

2.4.5 Contenido de minerales en forrajes

Los forrajes son generalmente buenas fuentes de calcio (Ca) para ganado en pastoreo. Minson (1990) obtuvo un 0.37% de Ca en promedio para gramíneas. Las hojas generalmente contienen el doble de Ca que los tallos y su absorción es en promedio del 50% (Underwood y Suttle, 1999).

El fósforo en forrajes varía dependiendo principalmente por el contenido de P en suelo, el estado de madurez de la planta y el clima. En promedio, la concentración de P se incrementa en forrajes en 0.03 a 0.05 g kg⁻¹ de materia seca por miligramo de P extractable del suelo (Minson, 1990).

Forrajes de clima templado contienen generalmente más P que forrajes tropicales (0.35 vs. 0.23 %), y leguminosas un poco más que gramíneas (0.32 vs. 0.27%). La distribución del P dentro de la planta es relativamente uniforme, y existe reducción en la concentración de P en la planta completa a medida que madura, particularmente durante la estación seca. Los animales seleccionan forraje con mayor concentración de P, especialmente en praderas donde existe una mezcla

de forrajes tierno, maduro y seco, los cuales no solo varían en concentración de P sino además en palatabilidad (Minson, 1990).

Las deficiencias de P en los forrajes y animales en pastoreo son predominantes en la región semiárida del Norte de México y en las regiones tropicales del Golfo y Península de Yucatán (Huerta, 1999). Esto parcialmente coincide con los resultados obtenidos por Armienta (1995) en el Estado de Nuevo León en el cual compara dos épocas del año, húmeda y seca, y se reportan valores promedio de P para gramíneas de 0.17% y para arbustivas de 0.12%, valores inferiores al nivel mínimo de fósforo en forrajes considerado como adecuado (0.25%) (Huerta, 1997).

Para el caso particular del Buffel, Ayerza (1981) reporta un contenido de 0.21% de Ca y 0.24% de P en base a MS. Kearl, (1982) reporta valores de 0.17% de calcio y 0.31% de P en base a MS, coincidiendo ambos autores en niveles más bajos de Ca y más altos de P en el Buffel.

Ramírez *et al.* (2000) reportan variación estacional en el contenido mineral del nopal. Para el caso de Ca los contenidos son de 26.7, 25.5, 22.6 y 26.8 g/kg y para P son de 2.0, 2.0, 4.0 y 4.5 g/kg para verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente. El bajo nivel de P en *O. Engelmannii*, también ha sido reportado en algunas épocas del año, por lo que el bajo contenido de este elemento y la elevada proporción de Ca proporcionan una alta relación Ca:P (16:1), muy superior a la considera como adecuada (2:1).

2.5 Condición corporal de ganado bovino de carne

La evaluación corporal es una técnica que permite estimar la reserva de grasa que dispone una vaca en un momento determinado. Las reservas corporales de energía se encuentran relacionadas con la cantidad de grasa almacenada en el cuerpo durante los diferentes estados del ciclo reproductivo. Esto ha permitido definir la condición corporal (CC) como la proporción entre la cantidad de grasa y

la cantidad de materia no grasa en el animal vivo. Una disminución del consumo de nutrientes provoca la movilización de la grasa almacenada para ser utilizada como fuente de energía. El comportamiento reproductivo de la vaca productora de carne varía de acuerdo a la cantidad de la reserva energética corporal (Richards, *et al.*, 1986).

La concentración de glucosa en plasma es afectada por la CC (Adams *et al.*, 1987; citados por Vizcarra *et al.*, 1998) y puede influir en el desempeño reproductivo del ganado. Reducción en el consumo de nutrientes es asociado con bajo peso corporal, el cual se manifiesta en cambios en la CC, disminución de la actividad lútea y suspensión del ciclo estrual (Bishop y Wettemann, 1993; Vizcarra *et al.*, 1993; citados por Vizcarra *et al.*, 1998).

2.5.1 Escala de calificación para condición corporal

El uso de la CC es un método para estimar la energía del cuerpo o reservas de grasa en vacas de carne (Wagner *et al.*, 1988; Vizcarra y Wettemann, 1996; citados por Vizcarra *et al.*, 1998).

La escala de CC consiste de números usados para sugerir relativamente la cantidad de grasa que compone el cuerpo de un animal. Una serie de publicaciones han reportado el uso de un rango de 1 a 9, donde una calificación de 1 está representada por una condición corporal muy baja (esquelética) y un 9 una vaca extremadamente gorda (obesa). Se puede observar la descripción de las diferentes escalas en el Cuadro 1.

En esta descripción se estima la cantidad de la grasa existente en la raíz de la cola (primeras vértebras coccígeas), alrededor de la tuberosidad isquiática y la grasa acumulada en la zona lumbar (apófisis transversas lumbares).

Cuadro 1. Descripción de la escala de condición corporal adaptada por Lowman en 1976 (Herd y Sprott, 1987).

ESCALA	DESCRIPCIÓN
Condición corporal baja	1 Depresión profunda abajo y alrededor de la cola, se observa y se palpa con facilidad la estructura ósea de costillas, pelvis y zona lumbar. Vaca esquelética, No existe vaca más flaca que ésta.
	2 Depresión menos profunda abajo y alrededor de la cola, puede sentirse el filo de la punta de las apófisis transversas de las vértebras lumbares. Vaca muy flaca.
	3 Una depresión poco profunda con algo de tejido adiposo debajo de la raíz de la cola, la espina dorsal todavía es muy visible. Se pueden palpar con mucha facilidad los huesos pelvianos. Vaca flaca.
Condición corporal buena	4 La 12ava y 13ava vértebra todavía pueden verse, se pueden palpar los huesos pelvianos presionando moderadamente. Vaca en el límite entre flaca y condición óptima.
Condición corporal óptima	5 La 12ava y 13ava costilla no pueden verse, se pueden palpar los huesos pelvianos presionando en forma moderada, no se puede ver ninguna depresión debajo de la raíz de la cola. vaca en condición óptima.
	6 Hay pliegues de grasa alrededor de la raíz de la cola, no puede verse ninguna depresión en la zona lumbar. Vaca en condición ligeramente superior a la óptima.
	7 Almohadillas de grasa aparecen alrededor de la tuberosidad isquiática, se pueden palpar los huesos de la pelvis solo presionando fuertemente. Vaca gorda.
Condición corporal alta	8 La Raíz de la cola está "embutida" en tejido adiposo, la piel está lisa y tirante. Vaca muy gorda.
	9 No pueden palpase los huesos pelvianos ni siquiera presionando fuertemente, pliegues de grasa en los extremos de la apófisis transversa. Vaca obesa. No existe vaca más gorda que ésta.

2.5.2 Condición corporal y su efecto en la reproducción

Una condición de 5 o más (es decir, con más de 14% de grasa corporal) al parto y durante el empadre, es necesario para un buen comportamiento reproductivo. Un inadecuado suministro de alimento es una causa común de una pobre condición corporal y fracaso reproductivo. Las decisiones nutricionales y reproductivas, adecuadas e importantes, son tomadas con más precisión y exactitud cuando se maneja en forma rutinaria la medición de la condición corporal en un hato.

La reducción del consumo de nutrientes esta asociado con menos peso corporal, lo cual se manifiesta en cambios en la puntuación de CC, disminución en la actividad lútea y suspensión del ciclo estrual (Vizcarra *et al.*, 1998). Los niveles de energía en el periodo pre y postparto tiene influencia en el desempeño reproductivo del ganado (Richards *et al.*, 1986).

El mecanismo por el cual la nutrición tiene influencia sobre la actividad reproductiva en ganado no está muy claro; sin embargo está establecido que las reservas de energía del cuerpo controlan el desempeño reproductivo en vacas (Richards, *et al.*, 1986; Selk *et al.*, 1988 y Spitzer *et al.*, 1995).

2.6 Requerimientos nutricionales de bovinos en pastoreo

Los requerimientos de los animales en pastoreo son mas difíciles de estimar que los de animales confinados, esto debido a las necesidades de determinar el gasto de energía que implica el caminar durante el pastoreo, el estrés ocasionado por las condiciones climáticas tales como el calor, el viento o fríos severos, la dificultad para estimar el consumo voluntario, etc. Muchos factores tienen influencia sobre el estado nutricional del ganado tales como, tipo de animal, especie de forraje, sistema de pastoreo y estación del año, así como también la fertilización, quema del agostadero y algunas prácticas de manejo, como el uso de suplementación

mineral, proteica y/o energética usados para manipular el estado nutricional del ganado en pastoreo (Holechek *et al.*, 1989).

Los efectos de la estación del año son asociados con el efecto de la temperatura, por lo que los cambios estacionales pueden tener significativos efectos sobre los requerimientos de mantenimiento. Los requerimientos de energía neta de mantenimiento (EN_m) en ganado, cambian $0.0007 \text{ Mcal/PV}^{0.75}$ por cada grado de temperatura ambiente diferente de 20°C (NRC, 1996).

2.6.1 Requerimientos de agua para bovinos

El agua es la biomolécula más abundante, y constituye la mayor parte de la masa de las células vivientes, forma alrededor del 70% del tejido blando de un animal adulto y constituye del 60 al 90% de la mayor parte de las células o de los tejidos (Horton *et al.*, 1995). El agua participa en la digestión (hidrólisis de las proteínas, grasas y carbohidratos), absorción de nutrientes, transporte de metabolitos en el organismo y excreción de los productos de deshecho. La mayoría de los procesos catabólicos y anabólicos que tienen lugar en el interior de los tejidos implican la incorporación o liberación de agua (Bondi, 1988) Existen tres fuentes de agua para el animal:

1) Agua de bebida

Es necesario proporcionar a los animales agua abundante, de buena calidad y en forma constante, la cual puede ser extraída de pozo y suministrada en bebederos o proporcionarles el libre acceso a las fuentes de agua como presas o arroyos.

La salinidad y sólidos totales disueltos es una forma de medir la calidad del agua para los animales. Todas las especies animales toleran agua que contenga entre 1 000 y 3 000 mg de sólidos totales por litro, aunque les puede provocar diarrea temporal leve, cuando se cambian bruscamente de un agua libre de sales a una que tenga este nivel de salinidad, sin embargo, niveles de 5 000 a 7 000 mg de

sales por litro pueden ser rechazados al principio, pero después de adaptarse, el ganado bovino, ovejas, cerdos y caballos, la pueden aceptar (Maynard *et al.*, 1981).

2) *Agua contenida en los alimentos*

Los forrajes verdes y los ensilados contienen de 70% a 90% de humedad, lo que representa un aporte sustancial para cubrir las necesidades de agua de los animales. Por otro lado, alimentos secos como los concentrados y el heno, contienen entre el 7% y el 15% de agua (Bondi, 1988)

3) *Agua metabólica*

Se produce en los procesos metabólicos de los tejidos, fundamentalmente por oxidación de los nutrientes. Los tres principales tipos de nutrientes producen diferentes cantidades de agua. La oxidación de un gramo de carbohidratos produce 0.6 g de agua, un gramo de grasa produce 1.1 g de agua, y un gramo de proteína 0.4 g de agua. Para la mayoría de los animales domésticos, el agua metabólica representa únicamente el 5–10% del total de agua ingerida (Bondi, 1988).

Los requerimientos de agua están influenciados por varios factores, incluyendo el tipo de dieta, preñez, lactancia, actividad, consumo de alimentos y temperatura ambiental (NRC, 1996). El consumo de agua oscila desde 3 L/kg de sustancia seca consumida a 4.5°C hasta 16.3 L/kg a 37.5 C en ganado *Bos taurus*. Cuando el consumo de agua se expresa como % del peso corporal, el vacuno no lactante y sin someter a stres por el calor puede beber el 5-6% de su peso corporal día, aumentando hasta el 12% o más del peso corporal/día cuando los animales están sometidos a stres térmico (Church y Pond, 1994).

Las vacas lactantes precisan cantidades adicionales de agua debido a la gran cantidad de agua existente en la leche; por cada kg de leche producido se requieren de 4 – 5 kg de agua (Bondi, 1988).

2.6.2 Proteína

Al igual que los carbohidratos y las grasas, las proteínas contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, además de un porcentaje constante y considerable de nitrógeno, la cifra más común usada es 16%. Tanto en plantas como en animales existen ciertos compuestos que contienen nitrógeno, los que, por definición, no son proteínas, es decir que no son aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. Se clasifican como compuestos nitrogenados no proteicos (NNP). Los compuestos nitrogenados no proteicos presentes en los alimentos son las amidas, aminoácidos, glucósidos, grasas nitrogenadas, alcaloides, sales de amonio, nitratos, y ácidos nucleicos (Maynard *et al.*, 1981).

Las proteínas son compuestos orgánicos complejos denominados polipéptidos, con peso molecular entre 5 000 y 1 000 000, formados por cadenas de aminoácidos unidos mediante enlaces peptídicos. Todos los organismos utilizan los mismos 20 aminoácidos para formar las moléculas de proteínas.

Los 20 aminoácidos comunes se denominan α -aminoácidos porque tienen un grupo amino (NH_2) y un grupo carboxilo (COOH) unidos al Carbono-2, el cuál se conoce también como carbono- α . Los aminoácidos que no se sintetizan en los tejidos animales de la mayoría de las especies en cantidades suficientes para llenar las necesidades metabólicas se denominan *esenciales* o *indispensables*, mientras que aquellos que no se necesitan en la dieta debido a que tienen una síntesis tisular apropiada, se denominan *no esenciales* o *dispensables* (Church y Pond, 1994).

2.6.2.1 Funciones de las proteínas

La mayoría de las proteínas corporales se encuentran presentes como componentes de las membranas celulares, en los músculos y en sitios de apoyo tales como la piel, el pelo y los cascos. Las proteínas estructurales proporcionan a las células soporte mecánico y forma por consiguiente a los tejidos y a los organismos. Además las proteínas plasmáticas sanguíneas, enzimas, hormonas y anticuerpos inmunológicos desempeñan funciones especializadas importantes en el cuerpo. Muchas proteínas funcionan como catalizadores bioquímicos conocidos como enzimas. Las enzimas catalizan casi todas las reacciones efectuadas en los organismos vivos. Las proteínas se pueden fijar a otras moléculas a fin de participar en su almacenamiento y su transporte como en el caso de la hemoglobina, la cual fija y transporta el oxígeno y el bióxido de carbono en los glóbulos rojos de la sangre.

Otras proteínas desempeñan algún papel en la decodificación de la información en las células, para lo cual se fijan a los ácidos nucleicos. Algunas proteínas son hormonas, que regulan las actividades bioquímicas en las células o tejidos y algunas desempeñan otras funciones especializadas, como las inmunoglobulinas dentro del sistema inmunológico (Horton, 1995).

2.6.2.2 Metabolismo proteico en los rumiantes

La forma de utilización de las proteínas por los rumiantes difiere significativamente de los no-rumiantes. Los microorganismos del rumen se caracterizan por su gran capacidad para sintetizar todos los aminoácidos, incluyendo los esenciales, a partir de compuestos nitrogenados más sencillos como las sales amoniacaes o la urea.

Los productos de degradación formados en el rumen, en particular el amoniaco, pueden ser eficientemente utilizados por los microorganismos si existe suficiente

energía para su síntesis de proteína. El amoníaco liberado en el rumen y que no puede ser fijado por los microorganismos; se absorbe y es llevado por la sangre hasta el hígado, donde se transforma en urea. La mayor parte de la urea sintetizada es excretada en la orina, otra parte (hasta el 20%) es reciclada al rumen con la saliva o por difusión directa desde la sangre a través de la pared del rumen y ahí se descompone nuevamente por la ureasa bacteriana hasta amoníaco.

Los mecanismos de detoxificación del amoníaco por conversión en urea en el hígado son rebasados si las cantidades de amoníaco superan los 80 mg/dL de contenido ruminal. Esta gran cantidad de amoníaco puede liberarse tras la ingestión de urea en exceso, pero no de proteína en exceso. El amoníaco se absorbe preferentemente como base libre a través de la capa lipídica de la pared del rumen, hasta la sangre. Por consiguiente, los niveles de amoníaco extremadamente altos en el rumen van unidos a niveles también altos en sangre (1 mg/100 ml, en lugar de 0.1-0.2 mg/100 ml) en condiciones normales (Bondi, 1988).

2.6.2.3 Requerimiento proteico en ganado de carne

Las recientes recomendaciones generadas sobre proteína para ganado de carne, son en términos de proteína metabolizable (PM), definida como, los aminoácidos absorbidos por el intestino, producto de la digestión de la proteína verdadera, la cual es suministrada por la proteína microbial y el consumo de proteína degradable en el rumen (PDR) (NRC, 1996).

Los requerimientos de mantenimiento de PM es de 3.8 g/kg de peso metabólico (PV⁷⁵) (Wilkerson *et al.* 1993, NRC 1996). Para crecimiento se reporta una eficiencia de conversión de PM a Proteína neta (PN) de 66.3% para animales de 150 kg de peso, y de 49.2% para animales de 300 kg de peso, mientras que para lactancia la eficiencia de conversión de PM a PN es de 65% (NRC, 1996).

2.6.3 Carbohidratos

Los carbohidratos constituyen la fuente principal de la energía contenida en los alimentos consumidos por el hombre y los animales. Son los componentes más importantes de las plantas, representando del 50-80% de la materia seca en los alimentos de origen vegetal. La estructura química básica de los carbohidratos consta de átomos de carbono dispuestos en cadenas, a los que se une hidrógeno y oxígeno. La amplia clasificación de los carbohidratos se basa en las estructuras químicas y propiedades físicas.

La energía fotosintética es fijada en carbohidratos vía el ciclo de Calvin y esos carbohidratos sirven como sustrato inicial para casi todos los procesos en plantas. La energía es trasladada dentro de la planta al disacárido sacarosa y almacenado en polímeros de celulosa y/o almidón (Hawker, 1985, citado por Moore y Hatfield, 1994).

Los carbohidratos son muy importantes desde la perspectiva nutricional, constituyendo la principal fuente de energía en la dieta de rumiantes. Casi toda la digestión de carbohidratos (>90%) ocurre dentro del rumen, aunque bajo ciertas circunstancias como la alta tasa de pasaje, una significativa cantidad de digestión de carbohidratos puede ocurrir en el intestino delgado y en el intestino grueso (Moore y Hatfield, 1994).

2.6.3.1 Funciones de los carbohidratos

Los carbohidratos juegan un papel muy importante en el metabolismo intermediario de transferencia y almacén de energía y son el mayor constituyente de la pared celular de las plantas.

El almidón es el principal polisacárido (carbohidrato) no estructural de reserva en las plantas, encontrándose en los granos, semillas, que pueden contener hasta el

70%, subproductos de cereales y tubérculos, pueden contener un 30% de almidón en base a materia seca (Bondi, 1989).

Como componente estructural, siendo la celulosa el carbohidrato más abundante en la naturaleza, representa hasta 20-40% de la materia seca de las plantas verdes. La digestibilidad de la celulosa de los forrajes varía de 25-90% y de la hemicelulosa varía de 45-90% (Moore y Hatfield, 1994).

Como componentes de la fibra dietaria los carbohidratos estructurales, celulosa, hemicelulosa, importantes para el normal funcionamiento del rumen. La fibra estimula la rumia y salivación, y es importante por su capacidad bufferizante en el rumen (Van Soest *et al.*, 1991) y también participa en la regulación del consumo voluntario (Mertens, 1987).

Como reserva energética; la pequeña cantidad de carbohidratos de reserva en el organismo animal, se encuentra en el hígado y el músculo en forma de glucógeno. El hígado de un vacuno adulto contiene de 1.5-4% y el músculo de 0.5-1% de glucógeno (Bondi, 1989).

2.6.3.2 Metabolismo de carbohidratos en rumiantes

La gran mayoría de los carbohidratos presentes en los alimentos de los rumiantes son polímeros: celulosa, hemicelulosa, almidón, fructanas y pectinas. Los forrajes tienen en la materia seca de 20-40% de celulosa, 14-20% de hemicelulosa, y hasta el 10% de pectinas. Los carbohidratos solubles (azúcares y almidón) y los menos solubles como celulosa y hemicelulosa, son fermentados por los rumiantes hasta ácidos grasos volátiles (AGV). Al pasar los alimentos por el rumen, por acción de enzimas microbianas específicas tales como las amilasas, el almidón es hidrolizado a maltosa y, a continuación, por acción de la maltasa, hasta glucosa.

En el caso de la celulosa, ésta es descompuesta por las celulasas microbianas en celobiosa que a su vez es convertida, por los microorganismos en glucosa, o por la interconversión de la α -fosforilasa, en glucosa 1-fosfato (Bondi, 1988).

Aproximadamente el 75% de los AGV producidos son absorbidos desde el retículo-rumen hacia la sangre, aproximadamente el 20% en el abomaso y omaso y solamente el 5% pasan con los alimentos digeridos hasta el intestino delgado para ser absorbidos en este lugar. Los ácidos acético, propiónico y butírico, productos principales del metabolismo de los carbohidratos en el rumen, son la fuente de energía más importante para el animal. La energía es atrapada en el adenosin trifosfato (ATP), compuesto de alta energía que se obtiene en dos fases del metabolismo de los AGV: 1) transformación microbiana de la glucosa hasta AGV, y 2) por oxidación de los AGV absorbidos, que se realizan en los tejidos del animal. Además los ácidos acético y butírico son productos muy importantes para la síntesis de leche y grasa corporal, mientras que el propiónico primeramente tiene que ser transformado a glucosa para que pueda ser utilizado como fuente energética de tejidos específicos. El metabolismo del ácido propiónico tiene lugar exclusivamente en el hígado. Por el contrario, el 60% del ácido acético se metaboliza en los tejidos periféricos (músculos y tejido adiposo), y solamente 20% en el hígado (Bondi, 1988). Entre el 80 a 90% del butirato es convertido en cuerpos cetónicos (ácido aceto-acético y ácido β -hidroxibutírico) Así los niveles de butírico en la sangre de la vena porta son extremadamente bajos (Maynard *et al.*, 1981).

2.6.3.3 Funciones metabólicas de la glucosa en los rumiantes

Aunque es una fuente energética que existe en limitadas cantidades en los rumiantes, la glucosa es la fuente energética principal para los tejidos nerviosos, en especial para el cerebro. Es necesaria para el metabolismo de los músculos y para la producción de glicógeno, sirviendo como reserva energética en los músculos y en el hígado. La glucosa es el principal precursor de la lactosa y el

glicerol y sirve como aporte de energía para el feto. Además es necesaria para la formación de NADPH, que a su vez es necesaria para la síntesis de ácidos grasos de cadena larga. La NADPH procede de la oxidación de la glucosa vía de las pentosas fosfato, donde también se produce la ribosa, azúcar fundamental para la síntesis de ácidos nucleicos.

2.6.3.4 Requerimiento energético en ganado de carne

La energía representa, cuantitativamente el concepto más importante en la dieta de los animales y todos los estándares de alimentación animal se basan en las necesidades de energía. Los animales obtienen energía en la oxidación parcial o completa de los carbohidratos, grasas y proteínas ingeridas y absorbidas o por degradación de glucógeno, grasa o proteína almacenada en el organismo. Los animales domésticos precisan energía adicional a la requerida para su mantenimiento, para realizar las actividades de crecimiento, engorda, gestación y lactancia.

La energía bruta (EB) es la cantidad de calor resultante de la oxidación completa de un alimento, forraje o cualquier sustancia orgánica. Se denomina energía digestible (ED) a la EB del alimento consumido menos la energía fecal, cabe destacar que la energía perdida con las heces representa la pérdida más importante de los nutrientes ingeridos. Según sea la especie animal y el tipo de dieta, las pérdidas fecales pueden oscilar desde el 10% o menos en los animales alimentados con leche, hasta el 40-60% en el caso de rumiantes alimentados con forraje de baja calidad y 20-30% en el caso de los concentrados (Maynard *et al* , 1981, Bondi, 1988, Church y Pond, 1994).

La energía metabolizable se define como la EB del alimento menos la energía presente en heces, orina y productos gaseosos de la digestión. El metano constituye la mayor parte de los gases combustibles en los rumiantes y se

considera de 3 al 10% de la EB. Las pérdidas de energía en la orina son del orden del 3-5% de la EB en rumiantes (Church y Pond, 1977).

La energía neta (EN) es la EM menos el calor dinámico específico o incremento de calor y el calor de fermentación. La EN del alimento es aquella que se encuentra disponible para el animal, para su mantenimiento o es retenida en los procesos productivos. La pérdida de energía en forma de calor puede constituir del 25 al 40% de la ingesta calórica bruta (Maynard *et al.*, 1981).

Lofgreen y Garrett (1968) estimaron las necesidades energéticas para mantenimiento (ENm) en 77 Kcal/kg PV⁷⁵. Considerando que los valores de ENm han sido calculados a partir de pruebas realizadas en corrales de engorda, en ciertas situaciones se deberá de hacer los ajustes apropiados según la AFRC (1993). La eficiencia en la utilización de la energía tiene gran interés, ya que la eficiencia suele ser un factor vital para la rentabilidad de la producción. La eficiencia de la EM para las distintas funciones de los rumiantes son: Para mantenimiento la eficiencia de conversión de EM a EN es de 70 – 80 % (Bondi, 1988), para lactancia es de 40-75%, para crecimiento se reporta de 30-62%, para ganancia de peso durante la lactancia fue estimada en un 73% (Church y Pond, 1977), mientras que para gestación es de 10 –25% (Bondi, 1988).

2.6.4 Minerales

Los elementos minerales son nutrientes esenciales, que el cuerpo requiere en pequeñas cantidades para su mantenimiento, crecimiento, reproducción y producción de leche. Pueden dividirse en dos grupos, basándose en las cantidades relativas necesarias en la dieta: macrominerales y microminerales. Los macrominerales son: calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na), cloro (Cl) potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S). Los microminerales son: cobalto (Co), yodo (I), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn), selenio (Se), cromo (Cr), flúor (F), molibdeno (Mo) y silicio (Si), el cual es el último incorporado a la lista, ya que en

1972 se demostró que era necesario para el crecimiento de las aves (Church y Pond, 1994).

2.6.4.1 Funciones de calcio y fósforo

El 99% del Ca y el 80% del P del cuerpo se encuentran en los huesos y dientes (Kaneko *et al.*, 1997). el resto se encuentra en los fluidos y células corporales apoyando en las funciones de mantenimiento y producción. El Ca se acumula en el hueso en forma de cristales de hidroxiapatita $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)]_2$. Es el mineral mayoritario que forma la estructura ósea del cuerpo lo que permite dar el soporte y protección a todas las estructuras blandas. La pequeña cantidad de Ca que esta fuera del esqueleto puede estar en forma de ion libre, unido a proteínas del suero o formando complejos con ácidos orgánicos e inorgánicos. El Ca ionizado (50-60% del plasma) es elemento esencial para desarrollar funciones fisiológicas como conducción de impulsos nerviosos, contracción y relajación muscular, activación o estabilización enzimática etc. (Underwood y Suttle, 1999).

El 1% del Ca del cuerpo se encuentra distribuido ampliamente en los tejidos blandos y con una mayor concentración en el plasma sanguíneo. Aproximadamente 20% del P en el cuerpo no es parte del esqueleto, sino que está distribuido entre los tejidos blandos, concentrado especialmente en los glóbulos rojos (McDowell *et al.*, 1993).

El P es requerido para la formación de la matriz orgánica del hueso así como su mineralización y es componente de los ácidos nucleicos y de fosfolípidos. Como fosfato, ayuda a mantener el balance osmótico y ácido-base. Es fundamental para el fenómeno de transferencia de energía en las moléculas de ATP. El efecto del P sobre el control del apetito es un fenómeno no totalmente entendido (Underwood y Suttle, 1999), pero la reducción en el crecimiento microbiano debido a las deficiencias de P puede explicar en parte dicho fenómeno.

2.6.4.2 Absorción y Metabolismo de calcio y fósforo

La absorción intestinal de Ca es de 20 a 40% en animales adultos y pueden exceder el 60% (hasta 95%) durante el incremento de la demanda de Ca o cuando los animales son alimentados con dietas bajas en Ca (Kaneko *et al.*, 1997).

Diferencias importantes en el metabolismo mineral pueden ser atribuidas a la raza y la adaptación. El efecto de la diferencia de raza sobre el requerimiento mineral ha sido observado en los rumiantes con frecuencia. Entre las diferentes razas, los rumiantes han tenido variaciones marcadas en la eficiencia de absorción mineral de la dieta, la cual se ha reportado ser entre 40 a 80% para fósforo (McDowell, 1993). Chirase *et al.* (1985; citados por Greene *et al.* 1989) reportaron concentraciones similares de Mg entre razas al comparar vaquillas Hereford y Angus, sin embargo, en ese mismo estudio reportan más alta concentración de Ca y menor de P en las vaquillas Angus que en las Hereford.

En todos los mamíferos es una prioridad mantener la concentración de Ca en los líquidos extracelulares en 10 mg dl^{-1} , aun cuando puedan existir fuertes fluctuaciones en las demandas y un reducido suministro de alimentos. La homeostasis es realizada parcialmente a través de la regulación hormonal. La absorción esta controlada por dos hormonas, la parathormona y la forma activa fisiológica de la vitamina D₃ (Calcitrol, 1,25-(OH)₂D₃). Cuando el suministro de Ca es excesivo, los mecanismos homeostáticos actúan en forma inversa por la secreción de la calcitonina (Underwood y Suttle, 1999).

Igualmente importante en la regulación del Ca circulante es la enorme reserva de Ca que se encuentra en el hueso, a este proceso de movilización de Ca de los huesos se le conoce como resorción. La resorción ósea no afecta al animal si el hueso está totalmente calcificado, o si la liberación es restringida a no más del 20 % del contenido mineral del hueso o si el hueso se vuelve a calcificar antes del siguiente periodo de demanda alta de Ca (lactancia). La capacidad de resorción

del hueso se disminuye con la edad. La excreción del Ca es vía heces y orina. En general, la excreción fecal de Ca no es afectada por las cantidades de Ca suministradas en la dieta ni por el estatus de Ca en el animal, permaneciendo las concentraciones consistentemente bajas (16 mg Ca kg^{-1} de PV). Igualmente, la excreción de Ca en orina tiende a permanecer baja y constante, aunque puede aumentar significativamente en vacas con problemas de alcalosis metabólica. El Ca generalmente es clasificado como no tóxico, ya que los mecanismos homeostáticos aseguran que los excesos de este mineral sean excretados en las heces (Underwood y Suttle, 1999).

La absorción de P es alta ya que varía de 74 a 83% aún en forrajes poco digestibles como es el caso de las pajas. El P se absorbe principalmente en la parte proximal del intestino delgado. No existe un mecanismo hormonal que restrinja las concentraciones de P en sangre por lo que los valores en suero en animales perfectamente sanos varían de 2 a 3 mmol l^{-1} (6.2 a 9.3 mg/dL). La utilización del P producto de la resorción del hueso es muy diferente que la del Ca debido a tres diferencias importantes: primero, el proceso no parece estar bajo el mismo control hormonal que el Ca ya que la concentración de la paratohormona se reduce en situaciones de deficiencia de P; segundo, la resorción del hueso provee muy poco P en relación al Ca para producción de leche ya que la relación Ca:P en leche es de 1.3:1 y en el hueso es de 2:1; y tercero, la utilización de los almacenes de Ca son usados más eficientemente que los de P ya que mucho del P movilizado es excretado en las heces (Underwood y Suttle, 1999).

La vitamina D tiene muy poco efecto en regular el metabolismo del P lo cual puede ser explicado por el hecho que los fitatos no presentan ningún obstáculo en la absorción del P. Infecciones por parásitos se manifiestan en una marcada desmineralización del hueso. Infecciones en el intestino delgado con *Trichostrongylus colubriformis* pueden reducir la absorción del P hasta en un 40% mientras que infecciones en el abomaso con *Ostertagia circumcincta* tienen muy poco efecto (Underwood y Suttle, 1999).

El P excretado en las heces depende de la concentración de P en saliva, el volumen de la saliva producida y la eficiencia de absorción. Debido a que algunas de estas variables son afectadas por diferencias genéticas, existen marcadas diferencias en P excretado en las heces dependiendo del animal y de la raza. Si se incrementa el consumo de P el mecanismo de excreción del aparato digestivo es saturado, por lo que el riñón deberá de aumentar la tasa de excreción de P (Underwood y Suttle, 1999).

2.6.4.3 Requerimientos de calcio y fósforo

Los requerimientos minerales son altamente dependientes del nivel de productividad. El consumo adecuado de forrajes por los rumiantes en pastoreo es esencial para satisfacer los requerimientos de minerales. Los factores que reducen el consumo de forrajes, tales como el bajo contenido de proteína (menos de 7%) o el alto nivel de lignina, también reducen el nivel total de los minerales consumidos. Debido a que los forrajes contienen una menor cantidad de minerales durante la estación seca, es lógico asumir que los rumiantes en pastoreo están más propensos a sufrir deficiencias minerales durante esta estación. Mundialmente el P es el mineral más comúnmente deficiente en forrajes pastoreados por el ganado (McDowell *et al.*, 1993).

Los avances en la producción animal se han modificado para producir un aumento en los requerimientos de Ca en las últimas décadas. Ejemplos son el mejoramiento genético (mayor producción de leche), uso de dietas mas concentradas, la práctica de destetes tempranos, el empadre de animales a menor edad, el uso de aditivos etc. Los requerimientos por Ca en ganado en crecimiento se reducen con la edad, pero incrementan con la tasa de ganancia. En bovinos que tienen una lactancia anual, y sobre todo en ganado lechero, es posible que exista poco tiempo para recuperar el Ca de las reservas por lo que se debe de tener en promedio anual un 0.45 % de Ca en la dieta. Un nivel elevado de Ca o de P reduce la eficiencia de utilización de otros minerales. Si se añade Ca en exceso

a una dieta adecuada puede resultar en una deficiencia de otros elementos, como por ejemplo P, Mg, Fe, I, Zn y Mn (NRC, 1980; citado por McDowell, 1993).

Actualmente además del factor económico, por problemas del medio ambiente es muy recomendable proporcionar solo los niveles de P requeridos. La nutrición adecuada de P depende de la forma química en que está el elemento en la dieta, el nivel de vitamina D, consumo de alimento, nivel de producción. La relación dietética de Ca:P también puede ser importante. Una relación de Ca:P entre 1:1 y 2:1 es considerada como ideal para crecimiento y formación del hueso. Los rumiantes pueden tolerar amplios rangos de relación Ca:P particularmente cuando existe suficiente vitamina D y los niveles de Ca y P son adecuados. En ovinos no existió efecto con una relación Ca:P de 10:1 cuando la dieta contenía 0.26% de P pero existieron desórdenes severos en hueso cuando el P fue disminuido a 0.08% (Underwood y Suttle, 1999).

Chen (1975; citado por Underwood y Suttle, 1999) menciona que forrajes con 0.18 % de P son algunas veces adecuado para todo tipo de ganado excepto vacas lactando o ganado joven en crecimiento acelerado. Niveles aun menores (0.12% de P) pueden ser suficientes para cubrir requerimientos de becerros en crecimiento ganando 500 g dia^{-1} . El NRC (1996) redujo sus recomendaciones de P en su última revisión de valores que variaban de 0.18 % a 0.32% en novillos de 300 kg en 1984 a valores que van de 0.13 a 0.27%, es decir las recomendaciones para P fueron reducidas en aproximadamente un 20%.

2.6.4.4 Deficiencias y toxicidad de calcio y fósforo

Los desajustes minerales nutricionales varían desde deficiencias minerales agudas o enfermedades por toxicidad, caracterizadas por signos clínicos y cambios patológicos marcados, hasta condiciones leves o de transición, difíciles de diagnosticar, expresadas como extenuación (McDowell *et al.*, 1993), retrasos en el crecimiento, mala utilización de los alimentos y baja productividad así como

trastornos en la fertilidad y estado de salud general, estos últimos tienen una gran importancia porque ocurren sobre grandes áreas y afectan un gran número de animales (Miller, 1985; citado por Huerta, 1999). El P puede ser tóxico cuando existen interacciones negativas con otros minerales y se acumula, como es el caso de los cálculos urinarios en ovinos cuando además de excesos de P se les proporciona niveles elevados de Mg.

Los signos de deficiencias minerales pueden ser confusos, ya que las condiciones observadas pueden ser causadas por más de un mineral y pueden ser combinadas con los efectos de deficiencias de proteína, varios tipos de parasitismo, plantas tóxicas y enfermedades infecciosas (McDowell *et al.*, 1993).

Fósforo y Mg en suero son reducidos durante la fiebre de leche siendo de 0.5 mmol l⁻¹ (1.5 mg/dL) y de 0.8–1.2 mmol l⁻¹ (2.5-3.7 mg/dL) para P y Mg, respectivamente. Se ha observado una tendencia a aumentar el nivel sérico de P cuando existe deficiencia crónica de Ca y viceversa. Incidencias en fiebre de leche son incrementadas con dietas ricas en potasio (K). En vacas afectadas los niveles de Ca sérico disminuye rápidamente a 4-5 mg dL⁻¹.

La deficiencia de P es predominantemente una situación crónica debido a la combinación de factores edáficos y ambientales que afectan la concentración de P en forraje. Suelos con menos de 10 mg kg⁻¹ producen forrajes con un nivel bajo de P. En sistemas de producción intensivos donde se usa fertilización nitrogenada y se utiliza el pasto para producción de leche, el nivel crítico de P en suelo se eleva de 10 a 30 mg kg⁻¹, además los suelos ácidos y ricos en Fe normalmente no proporcionan suficiente P. La ocurrencia de periodos secos acentúa el efecto del suelo. Estudios en Sudáfrica muestran que el forraje disminuyó en su concentración de P de 0.15% a 0.06 % durante la época seca (Underwood y Suttle, 1999).

Las deficiencias de P son mucho más comunes en bovinos que en ovicaprinos, debido a que éstos tienen un ciclo productivo más corto, seleccionan mejor el alimento consumido y además consumen mayor cantidad de forraje por kg de peso vivo. La deficiencia de P está estrechamente relacionada con una relación Ca:P inadecuada en los forrajes que también provoca una mala relación Ca:P en suero o plasma. Normalmente se recomienda una relación Ca:P de 1.2:1 con un máximo de 2:1 en la dieta. En rumiantes se pueden tolerar relaciones más altas, si el P es adecuado (Huerta, 1999).

El efecto del nivel de P de la dieta sobre la concentración de P ruminal depende del nivel de Ca en la dieta. Con una dieta marginal en P (0.19%), el nivel de P ruminal en ovinos fué un 66% menor en dietas que contenían 0.68% de Ca que en dietas con 0.35%. Esto fue acompañado de una reducción drástica en P sanguíneo de 6.2-4.0 mg/dL.

El análisis del hueso como elemento para diagnosticar deficiencias de P no representa un buen indicador, ya que el P está asociado al Ca. Por otro lado el análisis de hueso de la costilla mediante el uso de biopsias es de uso particular en estudios cuyo objetivo es observar los cambios de mineralización del hueso a través del tiempo (intervalos de 3 meses), más recomendable es medir la densidad de hueso (gravedad específica) así como ceniza y P por unidad de volumen. Deficiencias de P tiende a incrementar la relación Ca:Mg en el hueso de bovinos y ovinos (Underwood y Suttle, 1999).

La mayoría del ganado bovino y ovino alimentados con dietas altas en P en los forrajes, excretan muy poco P por la orina aún y cuando los niveles séricos de P van de 1 a 2 mmol/L (3.1-6.1 mg/dL), por lo que el nivel de P en orina no es un buen indicador del estado del P en el ganado en pastoreo. En cambio niveles de P en heces menores al 0.2%, junto con niveles plasmáticos de P menores que 1 mmol/L (3.1 mg/dL), indican un estado bajo en fósforo.

2.7 Hormonas metabólicas

El sistema endocrino también tiene un importante papel en el metabolismo de lípidos, crecimiento y eficiencia alimenticia, participando principalmente, la insulina, hormona del crecimiento y el factor de crecimiento similar a insulina (IGF-I) (Matzusaki *et al.*, 1997; Hornick *et al.*, 1998)

El sistema utiliza mensajeros químicos llamados hormonas, éstas se definen como sustancias químicas producidas por órganos endocrinos específicos que luego son transportadas por el sistema sanguíneo y que en bajas concentraciones son capaces de afectar órganos distantes. El sistema endocrino participa en el control de las funciones fisiológicas, incluyendo el *metabolismo*, el *crecimiento* y la *reproducción*. El metabolismo puede dividirse en dos partes, *energético* y *mineral*. Las hormonas que controlan el metabolismo energético incluyen a la insulina, el glucagón, el cortisol, la adrenalina, las hormonas tiroideas y la del crecimiento. Las que controlan el metabolismo mineral son la hormona paratiroidea, la calcitonina, la angiotensina y la renina (Cunningham, 1999).

La interacción entre el estado hormonal, metabolitos y medio ambiente es compleja. Las restricciones en la alimentación disminuyen la concentración de metabolitos pero incrementa la concentración de hormona del crecimiento (Hayden *et al.*, 1993).

2.7.1 Insulina

La insulina es una hormona segregada por las células β de los islotes de Langerhans en el páncreas. Es una proteína, cristalina, simple, de alta pureza, cuyo peso molecular es de 6 000 y de gran estabilidad. Está formada por dos cadenas, designadas como A y B, con 21 y 30 aminoácidos, respectivamente, conectados por dos puentes bisulfuro. Aunque hay ciertas diferencias en cuanto a la composición de aminoácidos entre las especies, éstas son pequeñas, como resultado de esto las actividades biológicas de la insulina no son altamente

específicas de especie. De las especies domésticas, la insulina de los felinos es muy similar a la insulina bovina, mientras que la canina es similar a la humana e idéntica a la insulina porcina en cuanto a su estructura aminoacídica. El metabolismo de la insulina se produce sobre todo a nivel hepático y renal. La vida media de la insulina es de 10 minutos aproximadamente.

Las principales funciones metabólicas de la insulina son anabólicas, en las que se promueve la utilización de glucosa como energético y la conversión de glucosa, ácidos grasos y aminoácidos para su forma de almacenamiento como por ejemplo, glucógeno, triglicéridos y proteínas respectivamente (Cunningham, 1999).

2.7.1.1 Regulación insulínica del metabolismo de los carbohidratos

El mantenimiento de los niveles de glucosa en sangre dentro de estrechos límites es de importancia fisiológica fundamental. El nivel de glucosa en sangre depende del ritmo y magnitud de liberación y utilización de la glucosa por diferentes tejidos, procesos que están controlados por hormonas. La insulina favorece la entrada de glucosa en la mayor parte de las células del organismo, y controla de este modo la velocidad del metabolismo de la mayor parte de los hidratos de carbono (Guyton y Hall, 1997). La insulina contrarresta los altos niveles de glucosa en sangre y, el ritmo de secreción de insulina es la respuesta a la elevación del nivel de glucosa en sangre. El mayor nivel de insulina determina el descenso del nivel de glucosa en sangre a su concentración normal (Cunningham, 1999).

La insulina promueve la producción de glucógeno en el hígado, en el tejido adiposo y en el músculo esquelético, también disminuye la gluconeogénesis, debido a que promueve la síntesis de proteína en los tejidos periféricos; de esta manera reduce la cantidad de aminoácidos existentes para la gluconeogénesis (Cunningham, 1999). La secreción de insulina es estimulada por los ácidos grasos volátiles en rumiantes (Harmon, 1992). Muchas dietas que incrementan la producción de propionato son asociadas con incremento en la concentración de

insulina. Similarmente la restricción de energía disminuye la concentración de insulina en vacas (Richards *et al.*, 1989b; Schrick *et al.*, 1990; citados por Vizcarra *et al.*, 1998).

2.7.1.2 Regulación insulínica del metabolismo de los aminoácidos

La insulina regula el balance proteico en los músculos esqueléticos favoreciendo la síntesis proteica y el transporte de aminoácidos. La insulina liberada tras la ingestión de una comida rica en carbohidratos, estimula la entrada de aminoácidos por las células de los tejidos, como el muscular, en el que puede existir un catabolismo activo de aminoácidos esenciales; la insulina estimula, asimismo, la incorporación de los aminoácidos a las proteínas. El aporte en la ración de energía y proteína incrementa, además el ritmo de secreción de otra hormona, la tiroxina, que estimula la oxidación de los aminoácidos y la tasa de renovación proteica (Bondi, 1989).

Con la deficiencia de insulina, aumenta el catabolismo proteico, lo que incrementa las cantidades de aminoácidos disponibles para la gluconeogénesis hepática y da lugar a un aumento en la concentración de glucosa sanguínea (Cunningham, 1999).

2.7.2 Triyodotironina (T₃) y Tetrayodotironina (T₄)

La glándula tiroides se compone de dos lóbulos, situados a cada lado de la tráquea y unidos por una porción de tejido llamado *istmo*. Esta es una glándula endocrina importante para la regulación metabólica. Dos compuestos son importantes para la síntesis de las hormonas tiroideas: *tirosina* y *yodo*. El acoplamiento de tirosinas yodadas da lugar a la formación de las principales hormonas tiroideas; dos moléculas de diyodotirosina forman la *tetrayodotironina* (T₄) y cuando una molécula de monoyodotirosina y una de diyodotirosina se unen forman la *triyodotironina* (T₃) (Cunningham, 1999).

2.7.2.1 Participación de la T₃ y la T₄ en el metabolismo de los carbohidratos

Las hormonas tiroideas afectan el metabolismo de los carbohidratos de varias maneras: aumentan la absorción intestinal de glucosa y facilitan el movimiento de la glucosa hacia el tejido adiposo y el músculo. Además, las hormonas tiroideas facilitan la absorción de glucosa mediada por la insulina. La formación de glucógeno se facilita por pequeñas cantidades de hormonas tiroideas, pero se produce una glucogenólisis después que se administran dosis altas (Cunningham, 1999).

2.7.2.2 Participación de la T₃ y la T₄ en el metabolismo de los aminoácidos

Las hormonas tiroideas son muy necesarias en conjunto con la hormona del crecimiento (HC) para el crecimiento normal. Esto se logra en parte por el aumento en la absorción de aminoácidos por los tejidos y en los sistemas enzimáticos que intervienen en la síntesis de proteínas (Cunningham, 1999).

Las hormonas tiroideas, tiroxina y triyodotironina producen un aumento de la transcripción por parte de ciertos genes en el núcleo. Para ello, estas hormonas se unen en primer lugar directamente con proteínas receptoras en el propio núcleo; estos receptores probablemente sean moléculas proteicas localizadas en el interior del complejo cromosómico y posiblemente controlen la función de los promotores u operadores genéticos. Dos importantes características de la acción de las hormonas tiroideas en el núcleo son las siguientes.

1. Activan los mecanismos genéticos para la formación de numerosos tipos de proteínas intracelulares (probablemente 100 ó más). Muchas de ellas son enzimas que promueven una mayor actividad metabólica en casi todas las células del organismo.

2. Una vez unidas a los receptores intranucleares, las hormonas tiroideas pueden continuar expresando sus funciones de control durante días o incluso semanas (Guyton y Hall, 1997).

2.7.2.3 Participación de la T₃ y la T₄ en el metabolismo de los lípidos

Las hormonas tiroideas afectan todos los aspectos del metabolismo lípido, su efecto es más acentuado en la lipólisis. Uno de los efectos particulares es la tendencia a disminuir el colesterol del plasma. Esto incluye dos efectos: Un aumento en la absorción celular de las lipoproteínas de baja densidad con las moléculas de colesterol relacionadas y una tendencia para aumentar la degradación del colesterol y las lipoproteínas de baja densidad (Cunningham, 1999).

2.8 Perfil metabólico en bovinos de carne

El análisis de algunos componentes celulares y bioquímicos de la sangre se emplea como un medio de apoyo en el diagnóstico de condiciones metabólicas de los animales en explotaciones pecuarias, y se le conoce como perfil metabólico o perfil sanguíneo.

El uso de los perfiles metabólicos como un medio de evaluación del estado nutricional en el ganado fue propuesto por Payne *et al.*, (1970, citados por Rowlands, 1980), quienes diseñaron la llamada prueba del Perfil Metabólico de Compton. Las determinaciones que se efectuaron en esta prueba incluyeron volumen celular, hemoglobina, glucosa, urea, proteína total, albúmina, globulina, fósforo inorgánico, calcio, magnesio, sodio, potasio, cobre y hierro. Estos trece constituyentes fueron seleccionados por su relación con desórdenes metabólicos y también por la posibilidad para su determinación precisa en métodos automatizados (Rowlands, 1980).

Posteriormente Blowey *et al.* (1972, 1975, citados por Rowlands, 1980) proponen una mini-prueba del perfil metabólico, limitada a la determinación de glucosa en sangre, urea y albúmina en suero sanguíneo. Esta prueba fue aplicada por 4 semanas consecutivas para valorar el adecuado consumo de energía y proteína para optimizar la nutrición para máxima producción. Owens *et al.*, (1991, citados por McCracken *et al.*, 1993) sugieren que la evaluación de ciertos metabolitos y hormonas en suero sanguíneo son parámetros que ayudan a entender los mecanismos biológicos de los animales en pastoreo; sin embargo, los datos y la información sobre respuestas hormonales y perfiles metabólicos en ganado en pastoreo extensivo aún es limitada (Steen *et al.*, 1979, Bond *et al.*, 1984, Barton *et al.*, 1992, citados por McCracken *et al.*, 1993); Además, la concentración de metabolitos séricos esta influenciada por una serie de factores que hace difícil hacer una correcta interpretación de los mismos.

En los últimos años el empleo de los perfiles metabólicos se ha enfocado a tratar de evaluar problemas de origen nutricional, metabólico o de manejo. Investigaciones de Russel y Wright (1983), manifiestan que a través de análisis sanguíneos es posible predecir el estado nutricional del animal en diferentes estados fisiológicos tales como lactancia, gestación y crecimiento (Roberts *et al.*, 1997), así como en diferentes épocas del año (Park *et al.*, 1994) y en diferentes genotipos de ganado bovino (Grimaud *et al.*, 1998).

2.8.1 Factores que afectan la concentración de metabolitos séricos

Investigaciones sobre la variación sérica debida a la edad fueron de los primeros trabajos que se realizaron. Otros factores, con efecto sobre la concentración en la composición sanguínea que también han sido ampliamente investigados incluyen sexo, lactación, preñez, estación del año, dieta y variación por efecto del día de muestreo (Rowlands, 1980).

Trabajos posteriores también manifiestan que la concentración de metabolitos en sangre como el nitrógeno ureico, glucosa, calcio, fósforo, insulina y hormonas de crecimiento varían con el estado nutricional y se ha intentado utilizar esas fluctuaciones como indicadores de un adecuado manejo en la alimentación (Russel y Wright, 1983; citados por Matsuzaki *et al.*, 1997, Grimaud *et al.*, 1998) Aunque se ha encontrado muy pobre correlación entre algunos componentes sanguíneos y los nutrientes correspondientes consumidos (Adams, *et al.*, 1978, citados por Bernal, 1990)), el análisis sanguíneo puede demostrar deficiencias nutricionales. Un ejemplo de esto es la concentración de magnesio o de cobre sanguíneo, la cuál al disminuir indica la necesidad de ser suplementados aún cuando los coeficientes de correlación entre los niveles sanguíneos de estos elementos y su contenido en la dieta no sea significativo (Thompson *et al.*, 1978; citados por Bernal, 1990). Sin embargo en investigaciones recientes se encontró correlación positiva entre energía metabolizable consumida y niveles de glucosa en plasma en ovejas (O'Doherty y Crosby, 1998).

En cuanto a la variación debida a razas, diferencias en requerimientos de energía para mantenimiento y ganancia en novillos maduros, indican que la partición de nutrientes a varios tejidos del cuerpo difiere entre razas (Matsuzaki, 1997). Grimaud *et al.* (1998) reportan una interacción significativa ($P < 0.05$) entre genotipos y periodo de alimentación para glucosa y urea al evaluarse en vacas *B. taurus* y *B. indicus* sujetos a diferentes niveles de alimentación.

Jenkins y Ferrell (1994) muestran claramente cómo existen diferentes respuestas al consumo de materia seca cuando ésta es suministrada a 6 razas diferentes de vacas en igual proporción de su peso metabólico. Razas como la Herford presentaron mejor comportamiento con 58 g MS/Kg PV⁷⁵ ya que en todo el estudio (3 a 5 años) solo perdió 21 Kg. mientras que la Red Poll perdió 121 kg. Éstas diferencias indican cómo a pesar de consumir la misma cantidad, existen razas que utilizan más eficientemente la energía para mantener su peso corporal por lo que sus requerimientos de mantenimiento deben de ser diferentes.

La concentración de metabolitos sanguíneos en respuesta al medio ambiente puede ser diferente de acuerdo al tipo de ganado existente. Se han reportado diferencias en la composición química de la sangre entre razas, las cuales están frecuentemente confundidos con factores del medio ambiente, manejo y nutrición. Si la diferencia entre razas puede ser determinada, esto sería muy ventajoso para establecer los rangos estándar para cada raza.

2.8.2 Metabolitos séricos

2.8.2.1 Glucosa

La remoción de glucosa de la circulación es regida por la tasa de utilización de los tejidos, ya sea como fuente de energía o para conversión en otros productos (glucógeno, pentosas, etc.) (Kaneko, 1997). Los rangos de las concentraciones normales de glucosa en suero sanguíneo son muy amplios, y difieren según la fuente. Kaneko (1997) reporta como valores normales para bovinos de 45 a 75 mg/dL. Merck (1991) de 42.1 a 74.5 mg/dL y Maynard *et al.* (1981) menciona que la sangre de bovinos y ovinos contiene de 40 a 60 mg/dL .

Bajas concentraciones de glucosa han sido observadas en verano durante la conducción de pruebas sobre perfiles en hatos en pastoreo, pero esos valores bajos al parecer están más relacionados a la alimentación y manejo, propios de la estación del año. En un estudio con novillos Holstein en pastoreo con cánula ruminal, se reportó una concentración de glucosa sérica de 77.3, 70.9, 71.0 y 71.4 mg/dL para los meses de mayo, junio, septiembre y noviembre respectivamente (Park *et al.*, 1994).

McCracken *et al.* (1993) no encontraron diferencia ($P > 0.05$) en la concentración de glucosa en los meses de mayo, junio, septiembre y noviembre (75.3, 67.4, 69.0 y 71.7 mg/dL, respectivamente) al evaluar novillos pastoreando *Festuca arundinacea* Schreb. Sin embargo Barton *et al.* (1992) reportaron una disminución

en la concentración de glucosa sérica de diciembre a febrero de 66.2 a 63.1 mg/dL en novillos pastoreando residuos de cosecha de *Thinopyrum intermedium*.

Matsuzaki *et al.* (1997) reportaron menor concentración de glucosa en plasma sanguíneo (75 mg/dL) en la raza "Japanese Black" comparada con la "Japanese Brown" (90 mg/dL) y la Holstein (100 mg/dL) a 300 kg de peso vivo, también se observó un aumento con la edad y el peso del animal en las tres razas.

2.8.2.2 Nitrógeno ureico

La concentración de urea en sangre, suero o plasma (expresado como urea o nitrógeno ureico), y creatinina en suero o plasma, son usados como índices de retención o pérdida de nitrógeno por el riñón. La cantidad de urea en sangre puede ser expresada en términos de la molécula de urea, en sangre, o en términos de solamente la porción de nitrógeno ureico en sangre, (NU). Los niveles de urea en sangre o suero y el NU son relacionados sobre la base de su peso molecular, 60 vs 28, respectivamente. Así los valores de nitrógeno ureico son solamente 0.47 de los niveles de urea sanguínea (Kaneko, 1997).

Los rangos de las concentraciones de NU en suero o plasma reportados como normales, presentan una gran variación según la fuente. Kaneko (1997) reporta como valores normales para bovinos de 20 a 30 mg/dL, mientras que Merck (1991) presenta valores de 7.8 a 24.6 mg/dL.

En rumiantes, la proteína y también el nitrógeno no proteico (NNP) son las mayores fuentes de amonio para la síntesis de urea. El grado de formación de urea depende del grado de catabolismo de la proteína, más que de la disminución de la excreción de urea (Kaneko, 1997).

La concentración del nitrógeno ureico en plasma (NUP) es alta e inversamente correlacionada con la utilización de la proteína neta de la dieta (Cai *et al.*, 1994).

Por muchos años NUP ha sido exitosamente usado como un buen indicador de la nutrición de aminoácidos en humanos y en cerdos (Taylos *et al.* 1974, Brown y Cline 1974; citados por Cai *et al.*, 1994). Chen *et al.*, (1995) usaron las mediciones de la concentración de urea en plasma como un método efectivo para valorar los requerimientos de proteínas en cerdos.

Rusche *et al.* (1993) encontraron que ofreciendo proteína cruda en 100 ó 150% de lo recomendado por el NRC (1984) se refleja en la concentración de nitrógeno ureico en plasma (5 a 6.7 mg/dL). Por otro lado, Ferguson *et al.* (1993) reportaron que al incrementar el contenido de urea sanguínea a más de 20 mg/dL se reduce la tasa de concepción de 54.5 a 30.4% en vacas reproductoras. En un estudio comparativo entre razas se reportó menor concentración plasmática de nitrógeno ureico en la Holstein (5 mg/dL) al ser comparada con las razas Japanese (10 mg/dL) a 300 kg de peso, además la concentración de este metabolito aumento con la edad y el peso del animal en las tres razas (Matsuzaki *et al.*, 1997).

2.8.2.3 Minerales

La ingestión prolongada de raciones deficientes, desequilibradas o con altos contenidos en ciertos minerales, determinan cambios en la concentración en los tejidos animales, presentándose niveles más altos o inferiores a los límites o rangos normales (Gartenberg *et al.*, 1989, citado por Armienta, 1995) Bajo estas condiciones las funciones fisiológicas pueden verse afectadas negativamente.

Aunque el suero sanguíneo no es considerado un buen indicador del estado de Ca en el animal debido a que la concentración de Ca es mantenida entre 9 y 11 mg/dL por mecanismos hemostáticos (NRC, 1996), este tipo de análisis puede ayudar a detectar problemas marginales de minerales, es decir, antes de que se manifiesten los signos clínicos (Huerta, 1999).

En el cuadro 2 se presentan los niveles críticos, inferiores y superiores, marginales y adecuados de Ca y P en suero sanguíneo de bovinos.

Cuadro 2. Niveles críticos de calcio y fósforo séricos sugeridos por Puls (1988)

Estado	Ca (mg/dL)	Estado	P (mg/dL)
Deficiente	1.0 a 6.0	Deficiente	0.5 a 4.5
Marginal	7.0 a 9.0	Adecuado	4.5 a 6.0
Adecuado	8.0 a 11.0	Alto	8.0 a 12.0
Alto-Toxico	12.0 a 13.0	Tóxico	>12.0

Algunos autores difieren en los rangos normales de algunos minerales. Respecto al Ca, Merck (1991) maneja rangos de 8.4 a 11.0 mg/dL, el NRC (1996) menciona rangos de 9-11 mg/dL. Valores consistentemente por debajo de 4.5 mg/dL se consideran como deficiencia. En el caso deL P, Merck (1991) reporta valores de 4.3 a 7.8 mg/dL y Kaneko *et al.* (1997) mencionan valores de 2.5 a 6.0 mg/dL como normales para animales jóvenes y valores más altos para animales adultos.

Concentraciones de minerales en suero sanguíneo o plasma son generalmente relacionados con el consumo, pero son influenciados por el sexo, la raza, edad y estado reproductivo; ej: preñez o lactancia (ARC, 1980; Underwood, 1981; citados por Small *et al.*, 1997). Littledike *et al.* (1995) encontraron diferencia en la concentración de Ca entre 9 razas de ganado bovino de carne, según se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Calcio sérico en diferentes razas de ganado (Littledike *et al.*, 1995)

Razas	mg/dL
Angus	8.55 ^{ab}
Charoláis	8.11 ^{ab}
Gelbvieh	8.06 ^{abc}
Limousin	8.49 ^{ab}
Red Poll	8.52 ^a
Simmental	7.84 ^c

^{a b c} en la misma columna difieren (P<0.05)

Rude y Rankins (1997) observaron que el contenido de Ca en suero sanguíneo de vacas suplementadas con heno de pasto bermuda, al ser comparada con una dieta que contenía 78% de cama de pollo y 22% de maíz, disminuyó de 8.9 a 7.5 mg/dL.

El contenido de Ca en suero o plasma es deficiente (<8 mg/dL) en las regiones Norte y Centro de México y existe cierta coincidencia con lo esperado a partir del forraje (Huerta, 1997). Armienta (1995) encontró concentraciones bajas de P en gramíneas y arbustivas en algunas regiones del Estado de Nuevo León, sin embargo las concentraciones de Ca y P en suero sanguíneo se reportaron dentro de los rangos normales.

McDowell *et al.* (1993) menciona que la sangre, el suero o plasma sanguíneo son ampliamente usados en estudios de nutrición mineral y que los valores significativamente y consistentemente más altos o inferiores a las concentraciones o los rangos "normales", proveen evidencia sugestiva pero no conclusiva de un exceso o deficiencia dietética de ciertos minerales.

Sanson *et al.* (1990) indican que los niveles de P en suero o plasma pueden ser usados en la determinación de la variación en el consumo de P en vacas de carne gestantes. Sin embargo, Underwood y Suttle (1999) consideran que la única evidencia definitiva de que la falta de P ha estado restringiendo la productividad del ganado es cuando se observan mejoras en el comportamiento de vacas o animales en crecimiento una vez que apropiados suplementos son suministrados por lo que índices como el P sérico, en hueso, orina o heces proveen solo una guía para el diagnóstico de la deficiencia.

Existen factores que pueden influenciar la concentración de P en un incremento (+) o una disminución (-), tales como alimentación reciente (+), producción de leche (-), y estrés por manejo (-). Las concentraciones también están influenciadas por el lugar de muestreo obteniéndose valores mayores en la vena coccígea y vena mamaria que en la yugular, así como el intervalo entre muestreos, el manejo

de la sangre después de su colección y método de análisis. El uso del ácido tricloroacético para precipitar la proteína puede reducir las diferencias que pudieran ocurrir posteriores al muestreo; sin embargo, resultados obtenidos con Kits (juego de reactivos) basados en la técnica de colorimetría que no requieran la precipitación de las proteínas, van a permanecer sensibles a los cambios posteriores al muestreo (Underwood y Suttle, 1999).

La mayor fuente de P ruminal en animales en pastoreo no es la dieta sino la saliva, la cual está a su vez relacionada linealmente con la concentración de P en suero, siendo el doble de concentración de P en saliva con respecto al suero. El P en saliva es absorbido con alta eficiencia (70-80%) por lo que el rumiante recicla P de una manera muy eficiente vía saliva, así dietas que estimulen la secreción de saliva incrementan la reutilización del P.

Valores marginales de P sérico son posibles de encontrar en animales jóvenes en crecimiento o vacas en lactancia alimentados con forraje de buena calidad. Ganado adulto en época secas o consumiendo forraje de baja calidad pueden tener valores de P sérico por debajo de 1 mmol/L (3.1 mg/dL) y la suplementación con P no les resulta benéfica ya que otros nutrientes como proteína y energía son los más limitantes (Underwood y Suttle, 1999).

2.8.2.4 Insulina

La concentración de insulina en sangre se incrementa con la edad y el peso en ganado (Trenkle, 1970; Martín *et al.*, 1979). Trenkle y Topel (1978) reportaron que la concentración de insulina en plasma está positivamente correlacionada con la grasa y el músculo de la canal.

Richards *et al.* (1989) realizaron una prueba con vacas Hereford a dos niveles de alimentación, mantenimiento y vacas restringidas para perder 1% de su peso vivo cada semana hasta que los animales estuvieran en anestro. A las 25 semanas las vacas del grupo restringido se encontraban en anestro, reduciéndose el nivel de

insulina de 0.60 a 0.25 ng/mL, mientras que en el grupo alimentado en mantenimiento los niveles de insulina permanecieron relativamente constante durante dicho periodo en alrededor de 0.50 ng/mL.

Rusche *et al.* (1993) en un estudio evaluaron los efectos de fuentes y cantidad de PC sobre el estado metabólico en vacas con peso promedio de 358 kg., cruce de Angus X Hereford, en los resultados encontraron que la cantidad y fuente de PC no afectó significativamente el perfil hormonal, reportando concentraciones de insulina de 0.24 a 0.30 ng/mL.

2.8.2.5. Triyodotironina (T₃) y Tetrayodotironina (T₄)

La determinación de las concentraciones plasmáticas de T₃ y T₄ con frecuencia brinda información útil relacionada con la actividad tiroidea, sin embargo debe tomarse en cuenta que existe una variabilidad considerable en cuanto a las concentraciones de T₃ y T₄ en función de la edad, raza, temperatura ambiental, estado nutricional y salud, por lo que se debe tomar en cuenta estos factores al determinar las concentraciones de estas hormonas. Valores séricos obtenidos por radioinmunoanálisis reportados por Cunningham (1999) son de 3.60 a 8.9 mg/dL para T₄ y de 41 a 170 ng/dL para T₃.

Las concentraciones de hormonas tiroideas responden dentro del día a las restricciones en la alimentación en novillos (Ellenberger *et al.*, 1989) Sticker *et al* (1996) reportaron en yeguas cambio en la concentración hormonal y metabolitos en plasma, ocurridos dentro de las 24 horas siguientes a la restricción del 50% en el consumo de energía y proteína.

Debido a la variabilidad de los resultados en las concentraciones de hormona tiroidea que reportan los diferentes laboratorios, se deben validar con cuidado los temas de análisis de estas hormonas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción general del trabajo

La investigación se realizó en el noreste de México, utilizando tres ranchos ganaderos con sistema de producción vaca-becerro en condiciones de agostadero. En cada uno de ellos se utilizaron dos razas productoras de carne seleccionando vacas de segundo y tercer parto, con la finalidad de evaluar la variación estacional en peso vivo (PV), condición corporal (CC) y calidad de forraje, así como, la variación estacional y entre razas de metabolitos séricos incluyendo: glucosa, nitrógeno ureico, calcio, fósforo, insulina y triyodotironina.

Al finalizar el estudio en agostadero, se realizó un experimento en condiciones controladas de alimentación utilizando hembras de bovinos productores de carne, para evaluar factores que afectan la concentración de metabolitos séricos (glucosa, nitrógeno ureico y fósforo). Se establecieron tres pruebas con los siguientes objetivos: evaluar la variación en contenido de metabolitos séricos debida a la hora de centrifugación de muestras sanguíneas. Evaluar el efecto de calidad y cantidad de la dieta, y evaluar la variación diurna, sobre la concentración de metabolitos séricos.

3.2 Metabolitos séricos en ganado de carne a través del año en diferentes unidades de producción

3.2.1 Localización del área de estudio

Se seleccionaron tres unidades de producción localizadas en el noreste de México. Dos de ellas "San Rafael" (SR) y "La Esperanza" (LE), se encuentran en el municipio de China, Nuevo León, entre las coordenadas geográficas 25° 42' latitud Norte y 99° 14' de longitud oeste, con una altitud de 140 msnm, con clima BS,(h') semiseco muy cálido y cálido, con una temperatura media anual de 23 °C,

con una precipitación promedio de 644.9 mm de 1940 a 1999, siendo el año de 1989 el más seco, con 299 mm y el más lluvioso, 1967 con 1440.5 mm (INEGI, 2000). La tercera unidad de producción, "La Reforma" (LR), se localiza en el municipio de Díaz Ordaz, Tamaulipas, entre la latitud norte 26° 13' y longitud oeste 98° 35', con una altitud de 40 msnm, con clima BS, (h'), semiseco, muy cálido y cálido, con una temperatura media anual de 23 °C, con una precipitación media anual de 573.7 mm de 1960 a 1999, siendo el año más seco, 1998 con 264.5 mm y el más lluvioso, 1971 con 1267 mm (INEGI, 2000).

3.2.2 Animales utilizados, manejo y alimentación

Se seleccionaron 25 vacas de cada raza en cada unidad de producción (rancho), utilizando de estos animales un número variable para cada análisis, en base a la cantidad de suero sanguíneo disponible después de haber procesado las muestras de sangre. En SR se trabajó con animales de las razas Charoláis y Simmental, en LR con Charoláis y Beefmaster, y en LE con Simmental y Beefmaster. Se tomaron muestras de forraje, registro de PV y CC, así como muestras de sangre cada tres meses; en primavera verano otoño e invierno durante el periodo de Abril de 1998 a Abril de 1999.

En los tres ranchos, la alimentación del ganado fue mayoritariamente a base de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*) en condiciones de pastoreo extensivo. La calidad de forraje es baja (4 a 7% de PC) en la época de verano y en el invierno, debido a la sequía y a las heladas que se presentan, respectivamente. En el rancho SR, durante la época seca se proporcionó nopal chamuscado (flameado para retirar las espinas) y 0.5 kg de harinolina por animal por día como suplemento, el consumo fue regulado agregando 20% de sal. En el rancho LR, se ofreció soca de sorgo (*Sorghum vulgare*) como suplemento. En el rancho LE, se ofreció cama de pollo, heno de zacate Bermuda (*Cynodon dactylon*) y un suplemento mineral con 5% de fósforo.

3.2.3 Muestreo y análisis de forraje

En SR, los muestreos se realizaron en abril, julio y octubre de 1998, y enero de 1999. Para LR y LE en julio y octubre de 1998 así como en enero y abril de 1999, para así abarcar las cuatro estaciones del año (primavera, verano, otoño e invierno). Se colectaron muestras de 26 sitios en SR, 16 en LR y 6 en LE en forma aleatoria, formando posteriormente un "pool", para procesar finalmente un total de 4 a 5 muestras por rancho en cada fecha de muestreo.

El número de sitios se determinó en base a la variación que fue observada en forma subjetiva en el agostadero. Las muestras de zacate fueron colectadas dejando un residuo de 10 cm aproximadamente, se pusieron en bolsas de papel marcadas con la fecha de muestreo y la localización del área donde fueron tomadas. La localización del área se realizó numerando los sitios en base al plano del rancho facilitado por los propietarios. Las muestras fueron trasladadas al Banco de Germoplasma de la FAUANL y secadas por 8 hrs en estufa de aire forzado, a 65°C. Posteriormente fueron molidas en molino Willey usando una malla de 2 mm. Cada muestra fue analizada en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, para estimar su contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas (AOAC, 1984) y fibra detergente neutro (FDN) (Van Soest *et al.* 1991).

3.2.4 Peso vivo y condición corporal de animales adultos

Los datos de PV y CC fueron registrados en las mismas épocas en las que se realizó el muestreo de forraje. El PV individual de los animales seleccionados para al estudio fue registrado utilizando báscula ganadera propiedad de cada rancho. La CC se registró utilizando una escala del 1 al 9, donde una calificación de 1 está representada por una CC muy baja (esquelética) y 9, una vaca extremadamente gorda (obesa) (Herd y Sprott, 1987).

3.2.5 Muestreo de sangre y procesamiento del suero sanguíneo

Las muestras de sangre fueron colectadas en las mismas fechas en las que se realizó la colección de forraje y se llevó a cabo el registro de PV y CC. Para realizar la toma de muestras los animales fueron trasladados del agostadero a los corrales de manejo a partir de las 07:00 h. La sangre fue colectada entre las 09:00 y 14:00 h por punción de la vena coccígea, utilizando tubos con vacío (Vacutainer) con capacidad para 10 mL, sin anticoagulante. Se utilizaron agujas de calibre 22 X 1.5" especiales para tubos Vacutainer. Los tubos fueron identificados con el número de la vaca, la raza, la fecha y el rancho.

Después de la colección de la sangre, los tubos fueron mantenidos a la temperatura ambiente durante media hora aproximadamente, después se conservaron en hieleras con una temperatura aproximada entre 10 y 15 C en donde fueron transportadas al laboratorio de la FAUANL para ser procesadas. La centrifugación se realizó a 970 x g por 10 min, entre las 18:00 y 20:00 h del mismo día, utilizando una centrifuga modelo Labofuge 200 marca Heraeus Sepatech con capacidad para 12 tubos.

Una vez obtenido, el suero sanguíneo fue colectado en tubos de polipropileno, con capacidad de 1.7 y 2 mL con tapa hermética integrada, los cuales fueron identificados con el número de la vaca, la fecha de muestreo, la raza y el rancho, posteriormente se colocaron en bolsas de plástico con cierre hermético, identificándolas con el nombre del rancho, el número y fecha de muestreo y se almacenaron en un congelador a -20°C , donde permanecieron hasta su análisis. Las muestras de suero sanguíneo fueron utilizadas para la determinación de los siguientes metabolitos: glucosa (GLU), nitrógeno ureico (NU), calcio (Ca), fósforo (P), insulina (INS) y triyodotironina (T_3).

3.2.6 Análisis sanguíneo

Todas las muestras de suero obtenidas, tanto del muestreo a los animales en agostadero (Sección 3.2.5) como las muestras obtenidas en los animales en condiciones controladas de alimentación (Sección 3.4), se analizaron utilizando los métodos que se describen a continuación.

3.2.6.1 Glucosa

Para la determinación de GLU se utilizó espectroscopia óptica (Espectrofotómetro modelo 690, Sequoia-Turner) empleando un paquete comercial de SERA-PAK® (Código 6634, Bayer diagnostics, Tarrytown, NY, USA).

En el procedimiento se utilizaron 0.02 mL de suero sanguíneo, más 2.50 mL de una solución formada por enzimas y cromógenos, que al ser mezcladas e incubadas a 37 °C , transforman la GLU, por acción de la glucosa oxidasa, en ácido glucónico y peróxido de hidrógeno, el cual, en presencia de peroxidasa, oxida el cromógeno (4-aminofenazona/fenol) convirtiéndolo en un color rojo y éste es directamente proporcional a la concentración de GLU.

La concentración de GLU se calcula como la relación de la absorbancia de la muestra y la absorbancia del patrón, multiplicado por 100, expresándose en mg/dL.

3.2.6.2 Nitrógeno ureico

Para la determinación de NU se utilizó espectroscopia óptica (Espectrofotómetro modelo 690, Sequoia-Turner) empleando el método químico propuesto por Marsh *et al.* (1965), bajo el siguiente principio:

Previamente es necesario desproteinizar la muestra sérica, para lo cual se utiliza ácido tricloroacético al 10 %. Se utilizan 0.2 mL del sobrenadante y 3 mL del reactivo de color. Este método determina urea por el producto coloreado (rojo pálido) formado con urea en una solución ligeramente ácida. La urea reacciona con diacetyl monoxime en presencia de thiosemicarbazide y el ion férrico. El thiosemicarbazide altera e intensifica el color de la reacción directa entre diacetylmonoxime y urea.

La concentración de NU se determina usando una regresión lineal, creada con los valores de las concentraciones y absorbancias de la curva estándar de calibración.

3.2.6.3 Calcio

La determinación de Ca en suero sanguíneo se realizó por espectroscopía de absorción atómica (Espectrofotómetro IL modelo Video 11) siguiendo la metodología de Fick *et al.* (1979).

Para el análisis se realizó una dilución previa de la muestra con suficiente cantidad (15%) de solución de óxido de lantano para evitar interferencia de sustancias quelantes, en especial los iones fosfato.

Las lecturas de los estándares tanto en absorbancia o en concentración de unidades deben de graficarse para determinar la linealidad y exactitud de los puntos, la concentración se determina usando una regresión lineal, creada con los valores de las concentraciones y absorbancias de la curva estándar de calibración. La concentración de los elementos en el suero se expresó en mg/dL.

3.2.6.4 Fósforo

Para la determinación de P se utilizó espectroscopia óptica (Espectrofotómetro modelo 690, Sequoia-Turner) con el paquete comercial de SERA-PAK (Código

6683, Bayer diagnostics, Tarrytown, NY, USA) para los análisis de las muestras de animales en agostadero, y el método de Fiske y Subbarow, (1925) para los análisis de P en la prueba de animales en confinamiento.

El procedimiento inicia con la desproteinización del suero sanguíneo. Los molibdatos reaccionan con el fosfato para formar diversos compuestos tales como el fosfomolibdato amónico. El filtrado libre de proteínas se mezcla con ácido molibdico para formar fosfomolibdato que se reduce con el agente reductor apropiado para producir azul de molibdeno (Fiske y Subbarow 1925).

La concentración de P se determina usando una regresión lineal, creada con los valores de las concentraciones y absorbancias de la curva estándar de calibración.

3.2.6.5 Insulina y triyodotironina (T₃)

Los análisis de INS y T₃ se realizaron con el apoyo del Departamento de Ciencia Animal en la Universidad de Nuevo México. Las determinaciones se realizaron utilizando la técnica de Radioinmunoanálisis. Para la determinación de INS y T₃ se utilizó un juego de reactivos comercial de Coat-A-Count® (Catalogo No. TKIN1, Código de identificación del análisis 2812, para INS y Catalogo No. TKT31, Código de identificación del análisis 6119, para T₃. Los Angeles, Ca., USA).

El procedimiento de Coat-A-Count® por radioinmunoanálisis para la determinación de INS y T₃ consiste en una fase sólida, donde éstas hormonas marcadas con ¹²⁵I compiten por un tiempo determinado con la hormona de la muestra por sitios en anticuerpos específicos. Debido a que el anticuerpo es inmovilizado en la pared de un tubo de polipropileno, simplemente decantando el sobrenadante es suficiente para terminar con la competencia y así aislar a la fracción de la hormona radioactiva ligada al anticuerpo de la hormona en la muestra.

3.2.7 Análisis estadístico

3.2.7.1 Evaluación de la calidad del pasto en las diferentes estaciones del año dentro de cada unidad de producción

Las variables PC y FDN fueron analizadas estadísticamente en un diseño completamente al azar realizando la comparación entre las diferentes épocas del año, dentro de cada rancho. La comparación de medias se realizó por el método de Tukey. Los análisis de varianza se realizaron utilizando el procedimiento GLM de SAS (1992).

3.2.7.2 Evaluación de razas y estaciones dentro de cada unidad de producción

Considerando al animal como unidad experimental, para las variables PV y CC se utilizaron 25 animales de cada raza por rancho, para las variables glucosa, nitrógeno ureico y calcio se utilizó un promedio de 15 animales, para fósforo se utilizaron 10 animales y para insulina y T3 se utilizaron 8 vacas de cada raza por unidad de producción.

Las variables PV, CC, GLU, NU, Ca, P, INS y T3 fueron analizadas estadísticamente en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x4 dentro de cada rancho, el modelo incluye como factores principales las razas de ganado y las estaciones del año. La comparación de medias se realizó por el método de Tukey. Los análisis de varianza se realizaron utilizando el procedimiento GLM de SAS (1992).

3.2.7.3 Comparación de unidades de producción y estaciones del año

La comparación de unidades de producción, estaciones e interacción de ambos factores para PV, CC y metabolitos séricos, se realizó utilizando también un arreglo factorial 2x4, el modelo incluye como factores principales el rancho y las

estaciones del año. Para este análisis se utilizaron las unidades de producción que tenían una raza en común; LR y LE se compararon utilizando la raza Beefmaster, LR y SR empleando la raza Charoláis, y las unidades de producción SR y LE se compararon utilizando animales Simmental. La comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Tukey. Los análisis de varianza se realizaron utilizando el procedimiento GLM de SAS (1992).

3. 4 Evaluación de factores que afectan la concentración de metabolitos séricos

3.4.1 Localización del área de estudio

El experimento con animales en confinamiento se realizó en el Campo Experimental Marín en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL), ubicado en el kilómetro 17 de la carretera Zuazua-Marín, en el Municipio de Marín, N. L., a 25° 53' de latitud norte y 100° 02' de longitud oeste a 400 msnm. El clima es BS, (h') semiseco muy cálido y cálido, con una temperatura promedio anual de 22.2 °C. Registrándose una precipitación promedio anual de 585.3 mm de 1986 a 1999, siendo la precipitación más baja de 147.4 en 1988 y la más alta de 1311.3 mm en el año 1933 (INEGI, 2000).

3.4.2 Animales, manejo y alimentación

Este estudio se realizó durante el periodo del 25 de mayo al 4 de agosto del año 2000. Se utilizaron un total de 20 animales, de los cuales 8 vacas fueron Charolais con un peso promedio de 425 kg, instalándose, en un corral con sistema de comederos automáticos individuales, y 12 vacas cruzadas de Charoláis X Simmental con un peso promedio de 389 kg, las cuales fueron alojadas en corrales individuales por un periodo de 56 días, incluyendo 14 días de adaptación. Posteriormente fueron trasladados a los agostaderos de la FAUANL por 14 días, siendo éste el último periodo de prueba.

Durante el periodo de adaptación se midió consumo voluntario, suministrando zacate Buffel *ad libitum*, dos veces al día y midiendo rechazos diariamente.

Para iniciar las pruebas los animales fueron vitaminados (A, D y E) y desparasitados. Durante el periodo de confinamiento los animales tuvieron acceso continuo al consumo de agua en forma individual y el alimento fue suministrado dos veces al día, a las 8:00 y a las 15:00 hrs. Los rechazos de alimento fueron recogidos y registrados diariamente, antes del suministro de la ración diaria.

3.4.3 Evaluación del efecto del tiempo de centrifugación de la sangre en la concentración de glucosa, nitrógeno ureico y fósforo en suero de bovinos

Durante el periodo de adaptación de 14 días a todos los animales se les suministró zacate Buffel, de tal manera que el consumo de forraje fue de la misma calidad y a libre acceso. Considerando que los animales estaban bajo las mismas condiciones se seleccionaron las vacas de la raza Charoláis solamente, para evitar el efecto de raza, y al final de éste periodo se realizó el muestreo de sangre (6 de junio del 2000).

Se tomaron 3 muestras de sangre de la vena coccígea, por cada vaca, utilizando tubos con vacío (Vacutainer). La centrifugación de las muestras se llevó a cabo 1, 8 y 24 horas después de haber sido colectadas, conservando las muestras de 8 y 24 horas en medio frío (hieleras) a una temperatura entre 10 y 15 °C, hasta su turno de centrifugación.

Esta prueba fue analizada utilizando un diseño de bloques al azar. El análisis de varianza se realizó utilizando el procedimiento GLM de SAS (1992) y la comparación de medias se realizó por la prueba de Tuckey.

3.4.4 Evaluación de la calidad y cantidad de dieta suministrada sobre la concentración de metabolitos séricos

Esta prueba se realizó del 6 de junio al 4 de agosto del 2000 en 4 periodos de 14 días, de los cuales 3 fueron en confinamiento y uno en agostadero. Se establecieron 4 tratamientos para los periodos en confinamiento, con dos niveles (7 y 10%) de PC; y dos niveles (100 y 60%) del consumo voluntario de materia seca (MS). Los tratamientos evaluados fueron: **T1** = Alta calidad (10 % PC) y 100% del consumo de MS; **T2** = Alta calidad (10% PC) y 60% del consumo de MS; **T3** = Baja calidad (7 % PC) y 100% del consumo de MS y **T4** = Baja calidad (7% PC) y 60% del consumo de MS.

Se seleccionó heno de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*) el cual fue analizado para determinar el contenido de PC y así seleccionar las dos calidades, 7 y 10% de PC. El consumo de alimento fue ajustado cada 14 días. En el primer periodo se suministró solamente zacate Buffel, con dos calidades, 10 y 7 % de PC. En el segundo y tercer periodo se suministró zacate Buffel de 7% de PC, ajustando con un suplemento de harinolina para tener la dieta de alta calidad (10% PC).

El heno de zacate Buffel utilizado en esta prueba, fue trasladado de su lugar de origen (Rancho San Rafael) molido y a granel. Se tomaron muestras de cada remesa para realizar el análisis y determinar el contenido de PC y MS, tal como fue descrito en la sección 3. 4.

En el último periodo (20 de Julio al 4 de agosto), los 20 animales se trasladaron a una pradera de zacate Buffel y Pretoria, época en la cual el agostadero se encontraba con alta disponibilidad y calidad de forraje, con la finalidad de que todos los animales estuvieran en las mismas condiciones de manejo y alimentación y así evaluar el cambio en la concentración de metabolitos séricos de animales con diferentes antecedentes nutricionales (cuatro tratamientos previos).

Las muestras de sangre se colectaron cada 14 días entre las 9:00 y las 11:00 h, iniciando el 6 de junio y finalizando el 4 de agosto de 2000. Se utilizaron las 20 vacas (8 Charoláis y 12 cruce Charoláis X Simmental). Se tomaron 2 tubos de sangre a cada animal para esta prueba. Después de media hora se pusieron en un medio frío y se centrifugaron entre las 12:00 y 15:00 hrs.

Para el análisis de calidad y cantidad de MS consumida se utilizó un arreglo factorial 2x2x2 con cinco repeticiones, en el que los factores fueron dos calidades (7 y 10 % de PC), dos niveles de consumo de MS (60 y 100 %) y dos razas, incluyéndose el PV como covariable. El análisis de varianza se realizó utilizando el procedimiento GLM de SAS (1992) y la comparación de medias se realizó por la prueba de Tuckey.

3.4.5 Evaluación de la variación diurna sobre la concentración de metabolitos sanguíneos

Al finalizar la prueba en confinamiento, los animales fueron llevados al agostadero por un período de 14 días, al término de éste, el 4 de agosto del 2000, se realizó la toma de muestras, para lo cual los animales fueron trasladados a las instalaciones de manejo de la FAUANL, en donde estuvieron desde las 08:00 hasta las 18:00 hrs, tiempo en el cual solamente se les permitió acceso al consumo de agua.

La colección de sangre se realizó a las 09:00, 12:00, 15:00 y 18:00 horas, obteniendo 2 tubos de sangre de cada animal, después de media hora de su extracción, los tubos se pusieron en un medio frío (hielera), centrifugándose posteriormente, aproximadamente una hora después a la toma de muestra. Una vez obtenido el suero sanguíneo éste fue decantado en tubos de polipropileno con capacidad de 2 mL, con tapa de cierre hermético, y fue sometido al proceso de conservación descrito en la sección 3.2.4.

Para la prueba de variación diurna, las variables fueron analizadas en un diseño de bloques al azar, utilizando como bloque la raza. El análisis de varianza se realizó utilizando el procedimiento GLM de SAS (1992) y la comparación de medias se realizó por la prueba de Tuckey.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Valor nutritivo del forraje en tres ranchos del noreste de México

4.1.1 Contenido de ceniza y materia orgánica

Con relación al contenido de ceniza se encontró diferencia ($P < 0.05$) estacional en dos ranchos, en SR se encontraron los valores más altos en primavera, otoño e invierno, siendo estos de 11.7, 10.0 y 9.8% respectivamente y el contenido más bajo se observó en verano con 5.0%. En LR el contenido de ceniza fue superior en verano con 20.8% e inferior en primavera con 8.9%. En LE no se observó diferencia ($P > 0.05$) al comparar las diferentes épocas del año.

Los valores encontrados en la literatura revisada para el zacate Buffel, indican un contenido de ceniza entre 6.4 y 12.8% (Ramírez *et al.*, 1997; Piñeiro, citado por Ayerza, 1981), el valor superior (12.8%) fue reportado para otoño en muestras colectadas en Linares, N. L., siendo este valor superior al encontrado en el presente trabajo en la misma época, sin embargo, los valores encontrados en el presente estudio se encuentran dentro del rango mencionado, a excepción de los encontrados en verano, siendo inferiores en SR y superiores en LE.

El contenido más bajo de cenizas se encontró en verano en SR (5.0%), en primavera en LR (8.9%) y aunque no se encontró diferencia ($P > 0.05$) en LE se observa numéricamente el valor más bajo en primavera (8.2%). Con relación al contenido de ceniza en zacate Buffel, Piñeiro, citado por Ayerza (1981) reporta para la zona de Nuevo León, México, un contenido de cenizas de 6.4%, valor relativamente bajo comparándolo con los obtenidos en este trabajo, a excepción del valor encontrado en SR en verano.

En las plantas maduras o de mayor estado fenológico, el contenido mineral disminuye debido a un proceso de dilución natural y traslocación de nutrientes al

sistema radicular (McDowell, 1985). En el presente estudio se observó una disminución en el contenido de ceniza en el zacate Buffel en primavera en LR y LE, y en verano en SR, probablemente debido a la madurez de la planta aunque en diferente época en cada rancho debido a las diferencias climáticas.

La determinación de las cenizas en forraje proporciona una medida del total de minerales contenido en los mismos, no proporciona información acerca de la cantidad de minerales específicos, sin embargo este valor es importante cuando se quiere conocer el contenido de la materia orgánica total (MO). A través de la MO y su digestibilidad, es posible estimar la producción de proteína microbiana (Maynard *et al.*, 1981), así como el contenido de Energía Metabolizable (EM), ya que: $EM \text{ (Kcal/Kg MS)} = MO \text{ (\% de MS)} \times DMO \text{ (\%)} \times 0.365$ (http://www.asocras.com/00html/2ServiciosAsociados/3bZootecnia/2_3.htm).

Cuadro 4. Contenido (%) de ceniza y materia orgánica (base seca) en forraje a través del año en tres ranchos del noreste de México.

Estación	SR*		LR*		LE*	
	Ceniza	Materia Orgánica	Ceniza	Materia Orgánica	Ceniza	Materia Orgánica
Primavera	11.7 ^a	88.3	8.9 ^c	91.1 ^a	9.8	90.2
Verano	5.0 ^b	95.0	20.8 ^a	79.2 ^b	12.0	88.0
Otoño	10.0 ^a	90.0	10.5 ^{bc}	89.5 ^{ab}	10.6	89.4
Invierno	9.8 ^a	90.2	12.5 ^b	87.5 ^{ab}	12.3	87.7
EE	0.8	0.43	0.8	0.44	1.1	0.59

^{a, b, c} medias en la misma columna con distinta letra muestran diferencia (P<0.01)

*SR=San Rafael, LR=La Reforma, LE=La Esperanza

Con relación al contenido de materia orgánica (MO), se encontró diferencia (P<0.01) entre estaciones del año solamente para LR, observándose el valor más alto en primavera con 91.1%, aunque estadísticamente igual a otoño e invierno, y el más bajo en verano con 79.2%. En SR se observó una tendencia (P>0.05) a presentar el valor más alto en verano con 95% y el más bajo en primavera con 88.3%. Para el caso de LE se observó una tendencia similar a LR observándose el valor más alto en primavera, aunque sin diferencia significativa (Cuadro 4).

Ramírez *et al.* (1997) al evaluar la MO de zacate Buffel en otoño, en Linares, N. L., reportaron un contenido de 87.2%. Este valor coincide con los encontrados en este estudio en otoño e invierno en LR y LE, difiriendo sin embargo con SR, rancho en el cual se encontraron los valores más altos en éstas mismas épocas, esto pudo deberse a las diferentes condiciones climáticas, ya que en otoño se presentaron lluvias en SR, favoreciendo esto la calidad del forraje.

4.1.2 Contenido de proteína cruda y fibra detergente neutro

En SR se observó el valor más alto de PC en primavera y otoño con 13.0 y 13.1% respectivamente, observándose el más bajo en verano con 3.2%. Para el caso de LR, el contenido más alto se encontró en otoño con 11.1% y el más bajo en primavera con 6.1%. En LE se encontraron valores similares estadísticamente, en verano, otoño e invierno con 12.6, 13.6 y 7.2%. Observándose diferencia ($P < 0.05$) con la primavera, en donde se presentó el contenido más bajo, siendo de 5.6% (Figura 1).

Los valores de PC del zacate Buffel del presente trabajo son superiores en algunas épocas del año al rango obtenido por Sen, (1978; citado por Ayerza, 1981), quien reporta valores máximos de 12% en material joven y valores mínimos de 3% en material maduro. Sin embargo, si se toma como referencia a Ramírez *et al.* (1997) que reportan contenidos de 14.5% en Buffel, los contenidos de PC encontrados en el presente trabajo en las diferentes épocas del año se encuentran dentro de los rangos antes mencionados.

La dinámica estacional en el contenido de PC del zacate Buffel del rancho SR a través del año, coincide con Obejdat *et al.* (2002) quienes reportaron en agostaderos de la región semiárida de Chihuahua un contenido (%) de 3.3 en febrero, 3.5 en mayo y 5.8 en septiembre.

Minson (1990) manifiesta que la variación estacional en la concentración de PC es causada en parte por diferencias en la intensidad de la luz, aunque existen otros factores tales como etapa de madurez, precipitación, clima, etc. La PC se ve disminuida por altas intensidades de luz, siendo esta reducción asociada con un incremento en la producción de forraje y una dilución de la PC disponible.

Minson (1990) menciona que la baja concentración de PC en verano es causada por las altas temperaturas, en esa época. Esto fundamenta la baja concentración de PC encontrada en verano y en primavera en el presente trabajo. El nivel de PC en el forraje, en el cual el consumo de MS se reduce, ha sido estimado por muchos investigadores, encontrándose que el nivel crítico en el cual la PC de la dieta limita el consumo de MS varía entre el 6 y el 10% (Gutiérrez, 1991), por lo que se tendría que considerar esto en algunas épocas del año en las cuales el contenido de PC es bajo.

En un análisis del zacate Buffel realizado en Texas durante tres años, se observa la variación en el contenido de PC a través del año. En 1981, se observó el contenido más alto de PC (20%) a principios de noviembre, como resultado de las lluvias en septiembre-octubre. Sin embargo, esta PC rápidamente decreció a un valor bajo en enero (4.4%) posterior a las temperaturas frías. La sequía y las condiciones del final del invierno frecuentemente retrasan el crecimiento y afectan la calidad del forraje (López, 2000). Estos resultados coinciden con los reportados por Everitt y Alaniz (1982, citados por López, 2000) en donde el contenido de PC más alto ocurrió después de las lluvias más intensas durante el final de la primavera, verano y principios del otoño, y los valores más bajos durante el final del otoño cuando los zacates entraron en dormancia. Sin embargo el periodo de dormancia puede no ocurrir en noviembre, y el contenido de PC más bajo es aparentemente en enero o febrero. En el presente trabajo el contenido más alto para los tres ranchos fue en otoño, después de las lluvias y el más bajo en primavera y verano, época en la que se presentó ausencia de lluvias en esa región en el año 1998.

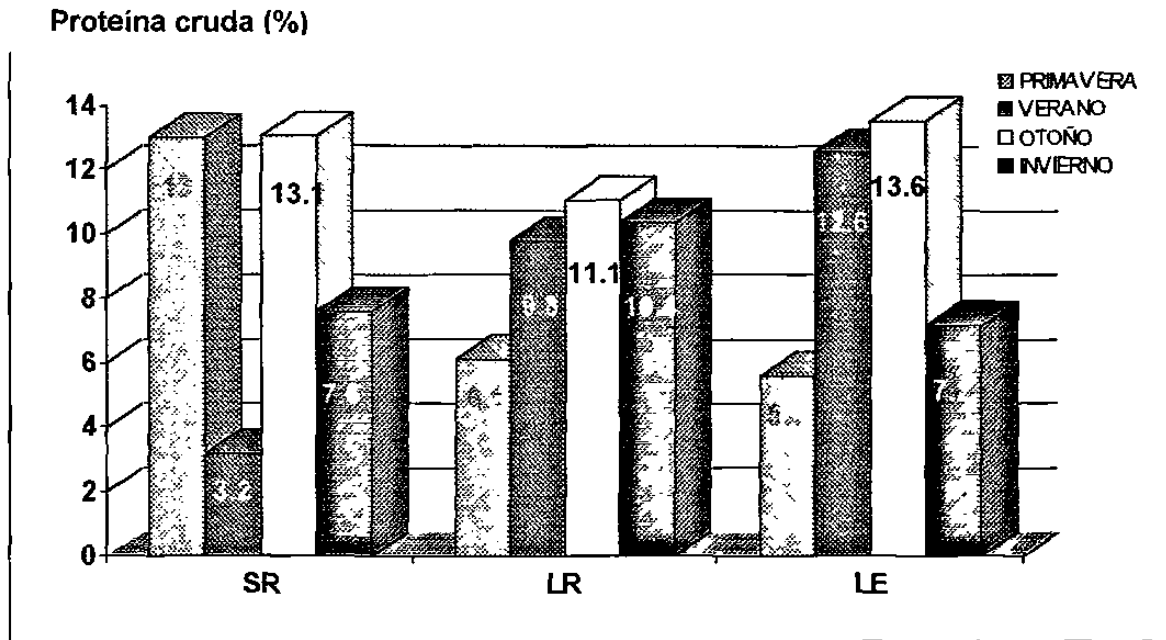


Figura 1. Contenido de proteína cruda (PC) en forraje a través del año en tres ranchos del noreste de México.

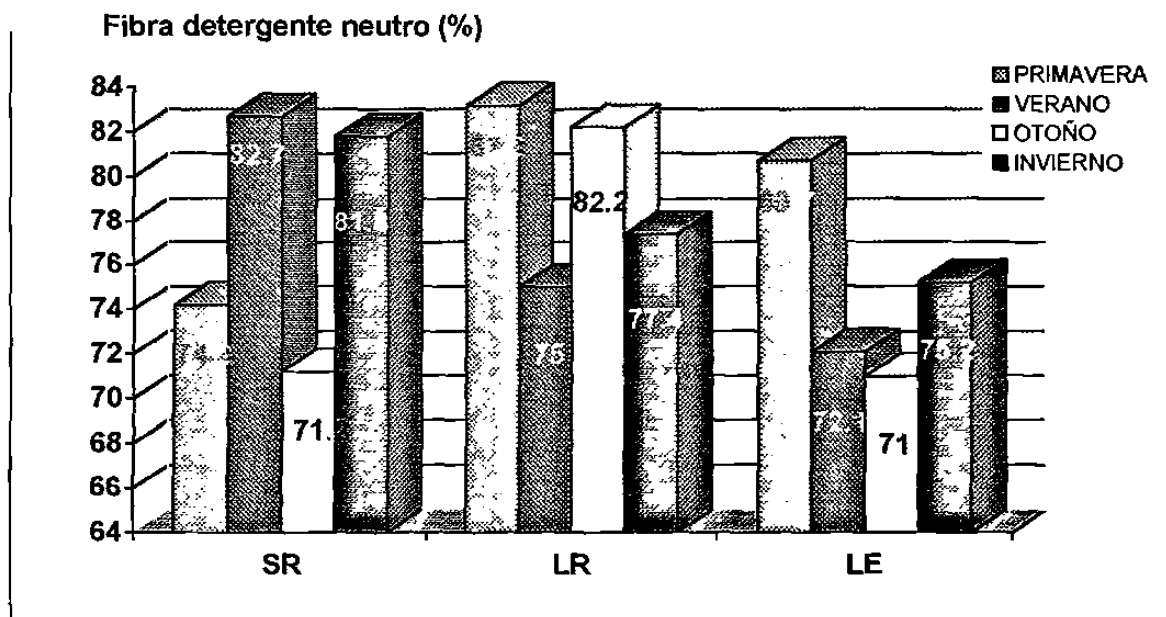


Figura 2. Contenido de fibra detergente neutro (FDN) en forraje a través del año en tres ranchos del noreste de México.

El contenido de FDN fue mayor ($P < 0.05$) en verano e invierno en SR con 82.7 y 81.8% y los valores más bajos fueron obtenidos en primavera y otoño con 74.2 y 71.2% respectivamente. En LR se observaron valores superiores en primavera y otoño con 83.2 y 82.2% e inferiores en verano e invierno con 75.5 y 77.4% respectivamente. Para el caso de LE el contenido más alto fue de 80.7% en primavera y el más bajo de 71.1% en otoño (Figura 2).

Los valores de FDN encontrados en el presente trabajo, en general son superiores a los reportados por Fimbres *et al.* (1997) que al evaluar zacate Buffel en otoño publicaron un contenido de 68.4%, comparado con 71.2% obtenido en SR, 82.2% en LR y 71.1% en LE.

Lizarazo *et al.* (2001) reportaron un contenido de 74.9 a 75.7% de FDN en zacate Buffel con diferente tipo de utilización de praderas, siendo estos valores similares a los encontrados en el presente trabajo. Es importante considerar el contenido de cenizas y FDN, debido a su influencia sobre la digestibilidad de la proteína y de la energía de los ingredientes (Noblet y Perez, 1993, y Fialho *et al.*, 1995, citados por Mata, 1998), ya que un alto contenido de FDN representa mayor contenido de lignina y celulosa y a medida que el contenido de lignina en los forrajes aumenta, la digestibilidad invariablemente disminuye (Gutiérrez, 1991).

Park *et al.* (1994) encontraron variación de FDN a través del año en *Thinopyrum intermedium* Host. (Wheatgrass), reportando contenidos similares ($P > 0.05$) en mayo y junio (68.6 y 70.1%), y diferentes ($P < 0.05$) en los meses de septiembre (76.4%) y noviembre (81.5%).

La variación en el valor nutritivo de casi todas las especies de plantas forrajeras del pastizal ocurre en relación a su madurez. Su alto contenido de proteína en relación a un bajo contenido de fibra en la etapa de crecimiento, hace a las plantas más nutritivas (Gutiérrez, 1991). En el presente trabajo el contenido de PC fue más alto y el de FDN fue menor en otoño, ya que las lluvias se presentaron en esa

época del año y el forraje se encontraba en la etapa de crecimiento en los ranchos, SR y LE.

Por el contrario, en LR las lluvias no se presentaron en esa región en las mismas fechas y se observó el contenido de FDN más alto en otoño, aunque ahí el contenido de PC fue también el más alto. En ese mismo rancho (LR) se encontró el contenido de FDN alto en primavera (igual que en otoño) pero el contenido de PC fue el más bajo.

Para el caso de SR, en verano e invierno, se observó que la calidad del forraje se vió disminuída, por lo que el contenido de FDN fue mayor y el contenido de PC fue menor. En el caso de LR y LE se observó la misma tendencia pero en primavera (Figura 1 y 2).

4.2 Dinámica estacional del peso vivo, condición corporal y metabolitos séricos en ganado de carne en agostadero en tres unidades de producción del noreste de México.

Con los valores obtenidos de PV, CC y metabolitos séricos (GLU, NU, Ca, P, INS y T_3), utilizando entre 20 y 25 vacas de cada raza, se realizó la comparación de las diferentes épocas del año, dentro de cada unidad de producción.

4.2.1 Peso vivo y condición corporal de bovinos a través del año

Se encontró diferencia ($P < 0.05$) para PV entre estaciones del año, observándose los valores más altos en invierno para los tres ranchos. Aunque no se encontró diferencia ($P > 0.05$) en LE, se observó la misma tendencia. Los valores más bajos se observaron en vacas de SR durante el otoño con 541 kg, en verano y otoño para LR con 478 y 510 kg, respectivamente. Aunque no se encontró diferencia ($P > 0.05$) en LE, sí se observó una tendencia a ser más bajo el PV del ganado

durante el otoño (Cuadro 5). Estos resultados difieren con los reportados por Selk *et al.* (1988) quienes no encontraron diferencia en el peso de los animales al ser evaluados en noviembre, enero y mayo, pastoreando forraje nativo con diferentes sistemas de suplementación.

Por el contrario McCracken *et al.* (1993) reportan diferencia ($P < 0.05$) en el peso de novillos pastoreando *Festuca arundinacea* Schreb., en diferentes épocas del año, en donde el PV fue de 463, 485, 527 y 583 kg para mayo, junio, septiembre y noviembre, respectivamente. Coincidiendo con Park *et al.* (1994), quienes también encontraron variación a través del año en novillos pastoreando *Thinopyrum intermedium* Host., reportando PV similares ($P > 0.05$) en mayo y junio (458 y 472 kg), y diferenciándose ($P < 0.05$) estos de los encontrados en septiembre y noviembre (537 y 511 kg), encontrando también, diferencia ($P < 0.05$) entre estos dos últimos.

El alto peso observado en invierno en el presente estudio, no coincide con la calidad del forraje encontrada en esa época, la hipótesis al respecto es que el PV de los animales en invierno es un reflejo de las condiciones de alimentación previa (otoño) en donde habían estado consumiendo forraje de mejor calidad, además el PV pudo estar influenciado por la etapa de gestación en los hatos, ya que de acuerdo a la época de empadre, se encontraban en el último tercio de gestación.

Cuadro 5. Peso vivo (kg) y condición corporal en ganado bovino productor de carne a través del año en tres ranchos del noreste de México.

Estación	SR*		LR*		LE*	
	PV*	CC*	PV*	CC*	PV*	CC*
Primavera	563.8 ^{a b}	5.5 ^a	545.0 ^b	6.1 ^b	598.5	5.2 ^a
Verano	586.3 ^a	5.8 ^a	478.0 ^c	6.5 ^a	589.1	4.8 ^b
Otoño	540.8 ^b	4.9 ^b	510.3 ^{b c}	5.9 ^b	577.0	5.3 ^a
Invierno	592.5 ^a	5.3 ^{ab}	605.3 ^a	6.0 ^b	605.9	5.5 ^a
EE ±	16.1	0.2	13.6	0.1	10.1	0.1

^{a b c} medias en la misma columna con distinta letra muestran diferencia ($P < 0.05$)

*CC = Condición corporal, PV = Peso vivo, SR=San Rafael, LR=La Reforma, LE=La Esperanza.

La CC de las vacas dentro de cada rancho, varió ($P < 0.05$) con relación a la época del año. Se observó en verano el valor más alto para SR y LR con 5.8 y 6.5 respectivamente. En LE se observaron valores similares en primavera, otoño e invierno. El valor de CC más bajo se observó en la misma época (otoño) en dos ranchos, siendo de 4.9 para SR y de 5.9 para LR, para el caso de LE se encontró en verano con 4.8 (Cuadro 5).

La CC del ganado utilizado en este estudio, en general se observó adecuada, a excepción de las vacas en SR y LE, que mostraron una condición inferior a 5 en otoño y verano, respectivamente. Al presentarse una CC al parto de 5 se obtienen tasas de reconcepción del 50 al 90%, y con una puntuación de 6 se tienen tasas de reconcepción de 87 a 92%. Eso muestra que hatos de vacas en buenas condiciones corporales tienen porcentajes de reproducción más altos (Herd y Sprott, 1987, citados por Lusby, 1998).

En el rancho SR se observó similar tendencia de variación entre CC y PV en todas las épocas. En LR no se observó la misma relación, sobre todo en el verano donde el PV fue bajo y la CC alta. En LE no se encontró diferencia ($P > 0.05$) en PV, pero si se observó variación estacional en CC (Cuadro 5).

Los cambios en la CC de animales en pastoreo son afectados por varios factores, tales como la etapa fisiológica del animal y la disponibilidad de nutrientes en el agostadero. Las vacas mejoran su CC sustancialmente en el último tercio de gestación, si durante el pastoreo existe disponibilidad de nutrientes en el forraje, pero después del parto experimentan un acelerado descenso en su CC y esto es aún más notable cuando en los agostaderos no existe suficiente forraje de buena calidad y una reducción en el consumo de nutrientes está asociado con bajo PV, lo cual se manifiesta en cambios en la CC, disminución en la actividad lútea y ausencia de ciclo estrual (Bishop y Wettemann, 1993; Vizcarra *et al.*, 1993, citados por Vizcarra *et al.*, 1998).

En los ranchos SR y LR, la menor CC de sus animales se observó durante el otoño, aunque en el rancho LR el valor más bajo el cual es de 5.9, no compromete la situación reproductiva del hato. En el caso de LE, el tener los animales la CC más baja la cual es de 4.8 en el verano, a diferencia de SR y LR que se presenta en otoño (Cuadro 5), puede ser explicado por el manejo en la época de empadre que se tiene en ese rancho en particular, la cual es de abril a agosto, presentándose el mayor porcentaje de pariciones en los meses de abril a mayo.

Los requerimientos de energía para mantenimiento son asociados con CC, y vacas con una CC de 4 ó 5 tienen mayores requerimientos (Mcal/kg PV^{0.75}) para mantenimiento, comparadas con vacas en una CC de 6 ó más (Thompson *et al.*, 1983; Wagner *et al.*, 1988). Las vacas que tienen una CC de 6 al parto tienen significativamente mayor concentración de glucosa en sangre durante la siguiente época de empadre, que vacas que tuvieron al parto una condición de 4 ó 5 (Vizcarra, 1998).

4.2.2 Glucosa y nitrógeno ureico en suero sanguíneo a través del año

La concentración de glucosa (GLU) de las muestras analizadas presentó rangos muy amplios entre las diferentes épocas del año. Los valores encontrados en la literatura revisada para este metabolito, indican una concentración con un rango de 45 a 75 mg/dL (Kaneko *et al.*, 1997). En este estudio se encontraron valores muy bajos durante el verano en todos los ranchos, observándose en SR y LE niveles de 28.9 y 30.1 mg/dL respectivamente. El nivel de GLU se incrementó en los animales durante el otoño e invierno, alcanzando los niveles más altos durante la primavera en los tres ranchos, estas concentraciones son de 68.1, 64.3 y 50.1 mg/dL para SR, LR y LE, respectivamente (Figura 3).

Rowlands (1980) al analizar estudios en 91 hatos observó una ligera disminución en la concentración de GLU durante el verano, lo que coincide con los resultados del presente trabajo; sin embargo el mismo autor reporta que en otros trabajos no se observaron cambios en la concentración de dicho metabolito.

Si se consideran como valores normales los propuestos por Kaneko *et al.* (1997), en dos de los ranchos las vacas presentan niveles séricos de GLU en el verano inferiores a lo normal, reflejando la situación crítica durante dicho periodo, debido probablemente a que en esa época, la zona en la que se realizó el estudio se caracteriza por la ausencia de lluvias y temperaturas superiores a los 30° C, resultando como consecuencia una reducción en la calidad y cantidad de forraje disponible (Gutiérrez, 1991). Esto se puede observar en el bajo contenido de PC durante el verano, que fue encontrado en el presente estudio.

Durante el verano, con la madurez del forraje, usualmente se disminuye el consumo, la digestibilidad de la MS y la concentración de ácidos grasos volátiles en el rumen (McCollum *et al.*, 1985; Funk *et al.*, 1987; Gunter *et al.*, 1995). Vizcarra *et al.* (1998) reportan una significativa disminución en la concentración de GLU en vacas durante la época de empadre, atribuyen que la disminución probablemente es debida a una reducción en el consumo de MS, resultando en una baja producción de propionato, y esto por consecuencia en una menor concentración de GLU. Park *et al.* (1994) determinaron concentraciones de 77.3, 70.9, 71.0 y 71.4 mg/dL en GLU sérica para los meses de mayo, junio, septiembre y noviembre respectivamente ($P < 0.05$) en novillos pastoreando *Thinopyrum intermedium* Host. Barton *et al.* (1992) reportaron una disminución, de diciembre a febrero, en la concentración de GLU sérica en novillos pastoreando este mismo pasto. Esta dinámica a través del año en la concentración de GLU, reportada por diferentes investigadores, coincide con la variación encontrada en las diferentes épocas del año en el presente estudio.

En la Figura 3 se muestra la dinámica de los metabolitos séricos a través del año en los tres ranchos evaluados, durante el otoño, SR y LE presentaron niveles de GLU que podrían considerarse marginales, 42.4 y 44.0 mg/dL respectivamente, al ser comparados en el invierno no se encontró diferencia significativa, sin embargo en el verano se observaron valores muy bajos, 28.9 y 30.1 mg/dL, respectivamente. Para el caso de LR se encontró diferencia ($P < 0.01$) entre otoño e invierno. En invierno, prácticamente las vacas en todos los ranchos mantuvieron los niveles dentro de los rangos normales de GLU.

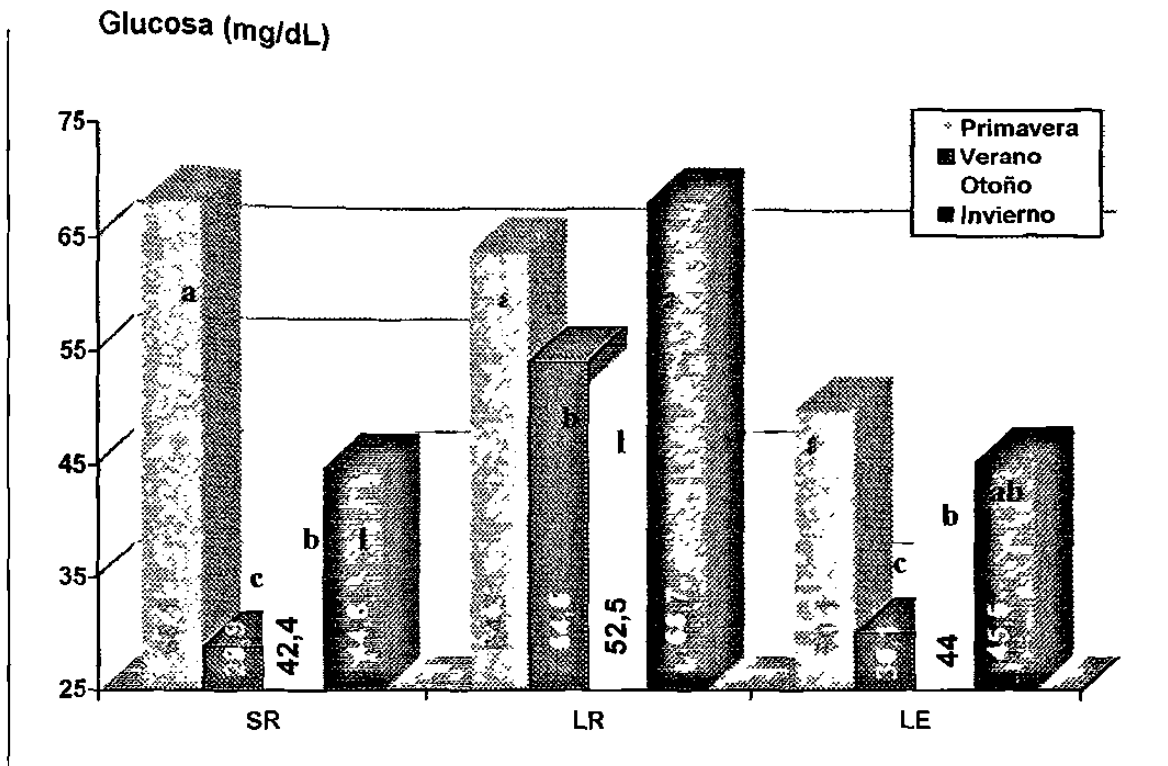


Figura 3. Niveles séricos de glucosa (mg/dL) en ganado bovino de carne a través del año en tres ranchos del noreste de México.

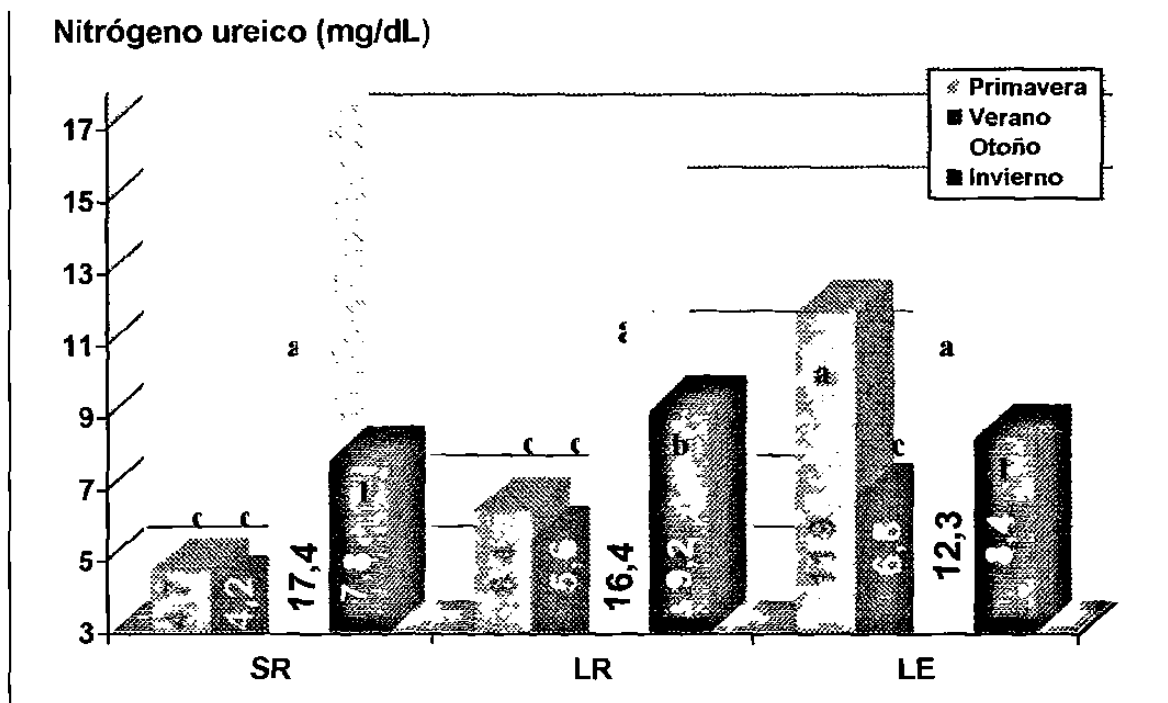


Figura 4. Niveles séricos de nitrógeno ureico (mg/dL) en ganado bovino de carne a través del año en tres ranchos del noreste de México.

^{a, b, c} medias con distinta letra, en las figuras 3 y 4, muestran diferencia entre épocas del año dentro de cada rancho ($P < 0.01$)

La concentración más alta de NU se encontró en otoño para los tres ranchos, siendo de 17.4, 16.4 y 12.3 mg/dL para SR, LR y LE, respectivamente (Figura 4). Estos valores encontrados en el presente trabajo se encuentran dentro del rango reportado en la literatura de 7.8 a 24.6 mg/dL (Merck, 1991).

La concentración sérica de NU se observó más baja ($P < 0.01$) en primavera y verano para SR y LR y solo en verano para LE, siendo estos valores inferiores a los rangos normales de acuerdo a Merck (1991). El contenido de NU encontrado en SR en primavera y verano de 4.7 y 4.2 mg/dL, y en LR de 6.4 y 5.6 mg/dL respectivamente (Figura 4). Simpson *et al.* (1998) reportaron para vaquillas en pastoreo, en el sistema de rotación de potreros, valores de 4.6 mg/dL en verano, y en pastoreo continuo encontraron una concentración de 7.8 mg/dL.

Respecto a los niveles sanguíneos de NU, por un lado Kaneko *et al.* (1997) mencionan que son de 20 a 30 mg/dL, mientras que el manual Merck (1991) establece 7.8 mg/dL como el valor crítico de NU en suero. Si se establece como valor crítico al sugerido por Kaneko *et al.* (1997), todos los animales estarían con niveles séricos de NU por debajo de lo normal; sin embargo, esto es difícil de aceptar ya que implicaría que los animales hayan estado en condiciones de baja productividad o condición corporal durante todo el año, lo cual no ocurrió en este trabajo. La condición corporal del ganado utilizado en este estudio, en general se observó adecuada, a excepción de SR y LE, que mostraron una condición inferior a 5 en otoño y verano, respectivamente, pero no todo el año.

Considerando como valor crítico 7.8 mg/dL de NU, de acuerdo al rango considerado por Merck (1991), durante el verano las vacas de todos los ranchos se encuentran probablemente con deficiencias proteicas. Primavera fue la segunda época crítica observada para los niveles de NU en suero en vacas de dos de los ranchos, observándose para SR una concentración de 4.7 mg/dL y para LR 6.4 mg/dL (Figura 4), implicando que en el rancho LE (11.9 mg/dL) los niveles normales de NU en los animales fueron debido al manejo de suplementación (Heno de zacate Bermuda NK37 y cama de pollo).

Simpson *et al.* (1998) reportaron concentraciones de nitrógeno ureico en plasma al día cero similares (11.6 y 12.7 mg/dL) en dos lotes de vaquillas pastoreando *Paspalum notatum* (Bahagrass) en invierno, a las cuales se les proporcionarían dos suplementos. Se encontraron concentraciones séricas más altas con un suplemento a base de harina de soya a los días 56, 112 y 167 de estudio con 32.5, 18.1 y 20.7 mg/dL, mientras que con una mezcla de maíz quebrado y harina de soya obtuvieron a los mismos días una concentración de 16.0, 11.7 y 14.2 mg/dL.

En esas mismas vaquillas, en dos sistemas de rotación en verano, se encontraron valores de 7.8 y 4.6 mg/dL de NU con pastoreo continuo y con rotación de potreros respectivamente, coincidiendo estos resultados con los bajos valores encontrados en verano en el presente trabajo.

De acuerdo a Park *et al.* (1994) la concentración de nitrógeno ureico en suero sanguíneo fue mayor ($P < 0.05$) en mayo y junio (18.0 y 19 mg/dL) (diferiendo también uno de otro; $P < 0.05$) que en septiembre y noviembre (15.1 y 17.5 mg/dL), los cuales también difieren entre sí. En el presente estudio se encontraron en abril y julio (primavera y verano) los valores de NU más bajos en los tres ranchos, con la excepción de primavera en LE, en el cual se obtuvo de 11.9 mg/dL.

Sin embargo, Steen *et al.* (1979) reportó concentraciones de NU en plasma más bajas (6.8 a 8.9 mg/dL) al iniciar en abril la época de pastoreo y más altas (12.3 a 16.1 mg/dL), al finalizar ésta en septiembre, coincidiendo estos resultados con los encontrados en el presente estudio, en donde se encontraron valores bajos en primavera (abril) y verano (julio), y altos en otoño (octubre) (Figura 4).

La dinámica estacional de los metabolitos séricos en ganado, encontrada en el presente estudio, es similar a la reportada por Rowlands (1980), quién menciona altas concentraciones de urea en ganado lechero en pastoreo en los meses de verano, comparado con el invierno y similares resultados fueron observados en

ganado de carne. En la misma revisión, se reporta que en Nueva Zelanda se observaron cambios cíclicos en la concentración de urea en hatos que pastoreaban durante todo el año y encontraron que paralelamente había cambios en el contenido de proteína del pasto.

Las altas concentraciones en verano (época de lluvias en esa región) fueron probablemente debidas al alto consumo de nitrógeno durante esa estación de pastoreo. Lo anterior fue diferente a lo encontrado en el presente trabajo, lo cuál se atribuye a la baja disponibilidad del recurso forrajero que se tiene durante el verano para la región noreste de Nuevo León, situación característica en los agostaderos de la región debido a que las lluvias se presentan a finales de verano y principios de otoño.

4.2.3 Calcio y fósforo en suero sanguíneo a través del año

La concentración sérica de Ca, aunque con menor severidad, también fue afectada ($P < 0.01$) por las estaciones del año en los tres ranchos. Los valores (mg/dL) más altos de Ca sérico se observaron en SR para otoño e invierno con 9.9 y 10.3, observándose concentraciones más altas para LR y LE en verano y otoño, respectivamente (8.8 y 9.7 mg/dL).

Los valores más bajos se observaron en primavera, siendo estos de 8.6, 6.8 y 8.5 mg/dL para SR, LR y LE, respectivamente. Estos valores pueden indicar un estado de deficiencia en los animales si se considera como rango normal el propuesto por el NRC (1996), el cual es de 9 a 11 mg/dL (Cuadro 6).

Velásquez-Pereira *et al.* (1997), reportan que la concentración de Ca en suero sanguíneo, no difirió entre 6 regiones en Nicaragua, en época seca (marzo de 1992) y época lluviosa del año (julio y agosto de 1991). Sin embargo, en el mismo estudio encontraron que el porcentaje de muestras de suero sanguíneo por debajo del nivel crítico de 8 mg/dL fue solo del 7% o menos durante la época lluviosa en

las seis regiones, mientras que durante la época seca fue de 14% y 11% en dos de las regiones.

En el presente estudio el 24, 54 y 29% de las vacas estuvieron durante la primavera por abajo del nivel crítico en los ranchos SR, LR y LE, respectivamente, época del año en la que los valores fueron más bajos. Es necesario considerar que durante la primavera la mayoría de los animales se encuentran en el inicio de la lactancia ya que los partos se distribuyen normalmente de enero a mayo.

Cuadro 6. Niveles séricos de calcio y fósforo (mg/dL) en ganado bovino de carne a través del año en tres ranchos del noreste de México.

Estación	SR		LR		LE	
	Ca*	P*	Ca*	P*	Ca*	P*
Primavera	8.6 ^c	5.4 ^b	6.8 ^c	5.0 ^b	8.5 ^b	4.0 ^c
Verano	9.0 ^{bc}	5.7 ^{ab}	8.8 ^a	5.1 ^b	8.8 ^b	6.0 ^a
Otoño	9.9 ^{ab}	6.8 ^a	8.7 ^a	7.0 ^a	9.7 ^a	4.9 ^b
Invierno	10.3 ^a	5.6 ^{ab}	7.9 ^b	6.9 ^a	8.9 ^b	5.8 ^a
EE ±	1.6	2.1	1.3	1.4	1.2	1.2

^{a, b, c}, medias en la misma columna con distinta letra muestran diferencia (P<0.01)

* Ca = calcio, P = fósforo, SR=San Rafael, LR=La Reforma, LE=La Esperanza

Las concentraciones de P más altas se encontraron en SR en otoño con 6.8 mg/dL, en LR se observaron en otoño e invierno, siendo de 7.0 mg/dL en otoño y en LE los valores más altos de P se presentaron en verano e invierno con 6.0 y 5.8 mg/dL respectivamente (Cuadro 6). Aunque, siendo estos valores los más altos para LE, relativamente son más bajos a los encontrados como altos en los otros dos ranchos.

Las concentraciones más bajas de P se presentaron durante primavera, verano e invierno en SR, en primavera y verano en LR y durante primavera y otoño en el rancho LE (Cuadro 6). Aun así, los valores de P sanguíneo en los animales de los ranchos SR y LR se mantuvieron dentro del rango considerado como adecuado (4.5–6.0 mg/dL según Puls, 1988) y solo en el rancho LE existió un estado de deficiencia en los animales para el periodo de primavera.

Al analizar los niveles de P sanguíneo en cada una de las vacas, se observó que durante la primavera el 33, 7 y 79% de los animales, en SR, LR y LE respectivamente, estuvieron con niveles de P inferiores al valor crítico. Velásquez-Pereira *et al.* (1997) reportan que aún dentro de la época de lluvias, dependiendo de la zona geográfica, existió diferencia ($P < 0.05$) en la concentración de P sanguíneo del ganado en pastoreo, y durante la época seca en todas las regiones estudiadas, el 30 % de los animales estuvieron con niveles menores a lo recomendado.

Los resultados del presente trabajo difieren con lo reportado por Armienta (1995) en el cual no encontró diferencia en Ca y P en dos épocas del año (húmeda y seca) al analizar el suero de vacas en diferentes municipios del estado de N. L. Sin embargo, en este estudio se muestra una clara diferencia entre estaciones del año y los resultados pueden ser explicados bajo el principio de que las concentraciones de minerales en suero sanguíneo o plasma son generalmente relacionados con el consumo (Ammerman y Goodrich, 1983) y que éste puede ser severamente afectado por la baja disponibilidad de forraje en años de baja precipitación. El promedio de precipitación pluvial de la Estación Meteorológica de la FAUANL, en Marín, N. L., de 1979 a 1996, fue de 489 mm (Martínez, 2000). El presente estudio se desarrolló durante 1998, año caracterizado por una fuerte sequía, ya que la precipitación fue sólo de 397 mm, siendo un 17 % menor al promedio anual para la zona en los últimos 4 años y un 32% menor a la de los últimos 7 años.

4.2.4 Relación calcio: fósforo (Ca:P) sérico para estaciones del año

La relación Ca:P mostró diferencia ($P < 0.01$) entre estaciones del año para los tres ranchos. La relación más alta se observó en el verano para SR y LR con 2:1 y 1.8:1 respectivamente, y durante la primavera en LE con 2.2:1. La relación más baja se encontró en SR en otoño con 1.5:1, LR presentó en invierno 1.2:1 y LE 1.7:1 en verano e invierno (Cuadro 7).

Cuadro 7. Relación Ca:P sérico en las diferentes estaciones del año en ganado bovino de carne en agostadero.

Estaciones	SR*	LR*	LE*
Primavera	1.7 ^{ab}	1.3 ^b	2.2 ^a
Verano	2.0 ^a	1.8 ^a	1.7 ^b
Otoño	1.5 ^b	1.4 ^b	2.1 ^a
Invierno	1.9 ^a	1.2 ^b	1.7 ^b
FE	0.18	0.19	0.13

^{a, b}. Medias en la misma columna con distinta letra muestran diferencia (P<0.01).

*SR=San Rafael, LR=La Reforma, LE=La Esperanza

Aunque todos los valores encontrados en éste trabajo están dentro de los rangos normales a excepción del P (4 mg/dL) en LE durante primavera, se observó una tendencia a incrementarse la relación Ca:P en aquellas estaciones del año en las cuales el nivel de P fue menor. Esto coincide con Hernández y Sánchez (1999) quienes reportan relaciones Ca:P altas (4.6 y 6.3) cuando el P tuvo niveles bajos (4.5 y 3.6 mg/dL, respectivamente).

Los rumiantes pueden tolerar amplios rangos de relación Ca:P particularmente cuando existe suficiente vitamina D y los niveles de Ca y P son adecuados. En ovinos no existió efecto con una relación Ca:P de 10:1 cuando la dieta contenía 0.26% de P pero existieron desórdenes severos en hueso cuando el P fue disminuido a 0.08% (Underwood y Suttle, 1999).

4.2.5 Insulina y triyodotironina (T₃) en suero sanguíneo a través del año

El contenido de insulina (INS) en suero sanguíneo presentó variación (P<0.05) entre las diferentes épocas del año. Se encontraron los niveles más altos durante otoño e invierno para SR (0.33 y 0.32 ng/dL) y LE (0.62 y 0.75 ng/dL), y para el rancho LR se observaron durante primavera, otoño e invierno (1.0, 1.0 y 0.7 ng/dL respectivamente) (Figura 5).

Las concentraciones (ng/dL) séricas de INS disminuyeron durante el verano en SR (0.16) y LR (0.50), en el verano y primavera para LE (0.33 y 0.32), coincidiendo los

tres ranchos en los valores más bajos en el verano (Figura 5). La dinámica observada a través del año en este trabajo coincide con los resultados de McCracken *et al.* (1993), quienes reportaron variación en la concentración de insulina en una evaluación realizada durante diferentes meses del año en animales en pastoreo, sin embargo los niveles en las concentraciones (ng/mL) que ellos reportan son más altos en mayo (0.85) que en junio (0.60), septiembre (0.53) y noviembre (0.63) y en el presente trabajo los valores más bajos son en verano

Los valores encontrados en la literatura revisada, indican rangos en las concentraciones de insulina desde 0.14 a 0.96 ng/mL en ganado consumiendo diferentes niveles de proteína en la dieta (Williams, *et al.*, 1987; Anderson *et al.*, 1988; Barton *et al.*, 1992; citados por McCracken *et al.*, 1993).

Park *et al.* (1994) reportaron que la concentración (ng/mL) de INS en suero sanguíneo fue mayor ($P < 0.05$) en junio y septiembre (0.63 y 0.50), difiriendo ($P < 0.05$) un mes de otro, que en mayo y noviembre (0.47 y 0.37), el cual también difiere ($P < 0.05$) un mes de otro. Estos resultados coinciden parcialmente con el presente estudio, ya que se encontraron los valores más altos en octubre (otoño) en los tres ranchos, coincidiendo con lo reportado por Park *et al.* (1994) para el caso particular de la concentración observada en septiembre, sin embargo se difiere en la época de invierno ya que ellos reportan niveles bajos en noviembre y en el presente estudio se observaron altos para invierno (enero), en los tres ranchos (Figura 5).

McCracken *et al.* (1993) reporta concentraciones en septiembre y noviembre de 0.53 y 0.63 ng/mL respectivamente, considerando esos valores como bajos. En dos de los ranchos (LR y LE) se encontraron valores similares (0.62, 0.70 y 0.75 ng/dL), solo que en el presente estudio están siendo considerados en este caso en particular, los más altos.

Con valores más bajos para SR y más altos para LE Se observó similar tendencia en la dinámica a través de las cuatro estaciones. Sin embargo aunque SR presentó las concentraciones más bajas durante todo el año, se observaron dentro de los rangos (0.14 a 0.96 ng/mL) reportados por Williams, *et al.* (1987), Anderson *et.al.* (1988), Barton *et. al.* (1992); citados por McCracken *et al.* (1993).

En relación a LR se observó una trayectoria diferente en la concentración de INS, además de presentar los niveles más altos de los tres ranchos estudiados, presentó cambios drásticos a través del año, observándose los valores más altos en primavera y otoño, y descendiendo bruscamente en verano, aunque se mantiene en invierno con valores similares a LE (Figura 5), el marcado descenso en el verano puede atribuirse a la baja disponibilidad y calidad del recurso forrajero en el agostadero, probablemente debido a que restricciones energéticas pueden disminuir la concentración de insulina en vaquillas (Harrison y Randel, 1986; McCann y Hansel, 1986 y Yelich *et al.*, 1995). Esto probablemente debido a que el control de la glucosa sobre la secreción de insulina representa un sistema de retroalimentación positivo, en el cual el aumento en las concentraciones de glucosa da lugar a un incremento en las concentraciones de insulina y una disminución de glucosa da lugar a un contenido menor de insulina (Cunningham, 1999).

Sin embargo en los resultados obtenidos en el presente estudio, se observa un contenido más alto de GLU en el verano para LR que en SR y LE y el contenido de insulina se observa mayor en el verano para LR y menor en SR y LE. Esto probablemente puede ser explicado, en base a que, con la deficiencia de insulina, aumenta el catabolismo proteico, lo que incrementa las cantidades de aminoácidos disponibles para la gluconeogénesis hepática y da lugar a un aumento en las concentraciones de glucosa sanguínea (Cunningham, 1999).

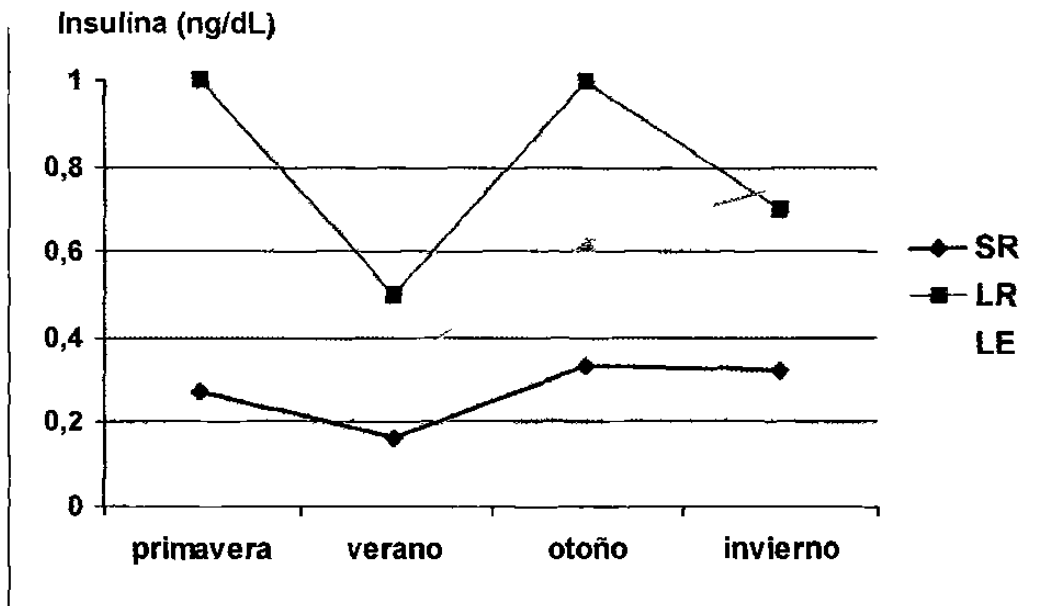


Figura 5. Contenido sérico de Insulina en ganado bovino de carne a través del año en tres ranchos del noreste de México.

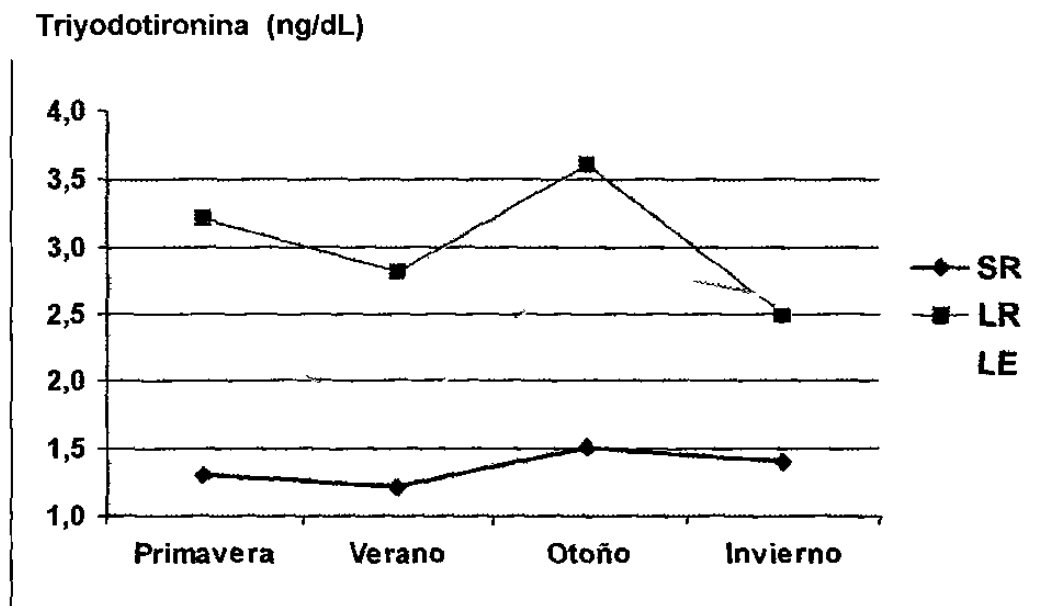


Figura 6. Contenido sérico de Triyodotironina (T₃) en ganado bovino de carne a través del año en tres ranchos del noreste de México.

La concentración sérica de T_3 se observó más alta en otoño para los tres ranchos, siendo de 1.5, 3.6 y 2.9 ng/dL para SR, LR y LE, respectivamente. La concentración menor ($P<0.01$) fue en primavera y verano para SR, en verano e invierno para LR y solo en verano para LE, coincidiendo los tres ranchos en los valores bajos durante el verano con 1.2, 2.8 y 1.7 ng/dL, para SR, LR y LE, respectivamente (Figura 6).

Respecto a los niveles sanguíneos de T_3 , Cunningham (1999) menciona que son de 41 a 170 ng/dL en bovinos. Si se establece como valor crítico al sugerido por este investigador, todos los animales del presente trabajo estarían con niveles séricos de T_3 muy por debajo de lo normal. Sin embargo, Verde y Trenkle (1987) reportan valores de 1.3 y 1.4 ng/dL de T_3 en plasma al comparar novillos de razas grandes contra pequeñas, sometidos a un mismo tipo de alimentación durante cuatro meses. Ellenberger *et al.*, (1989) reportan valores de 2.1 ng/dL en un grupo control de novillos cruza Angus-Hereford. Estas concentraciones son similares a las encontradas en el presente trabajo, a excepción del valor más alto (3.6 ng/dL) encontrado en LR en otoño, que coincide con valores reportados por Hammond *et al.* (1990) en novillos engordados en corral (3.23 ng/dL).

La variación a través del año de la T_3 coincide con los reportes de Hammond *et al.* (1990), quienes analizaron el efecto de dos épocas del año, invierno (con bajo vs moderado plano de nutrición) y verano (pastoreo en una mezcla de gramínea-leguminosa (predominantemente *Cynodon*, *Paspalum* spp. y *Arachis glabrata* Benth.). Estos investigadores reportan 1.61 y 2.07 ng/dL para invierno y verano, respectivamente, observándose el valor más alto en verano debido a la alta calidad del forraje disponible. En el presente trabajo los valores más altos se encontraron en la época (otoño) de mayor disponibilidad de forraje. La concentración sérica de T_3 se presentó con una tendencia muy similar en los tres ranchos en las cuatro estaciones del año, sin embargo, los niveles fueron diferentes para los tres ranchos, observándose los valores más altos en LR, aunque aquí se puede observar un descenso mayor en invierno, seguido de LE y el nivel más bajo de T_3 se observó en SR (Figura 6).

4.2.6 Interacción rancho por estación para los niveles de metabolitos séricos en cada genotipo

Se encontró interacción ($P < 0.01$) rancho \times estación para los metabolitos GLU, NU, Ca y P cuando se analizaron los datos de la raza Beefmaster (Figura 7), y solo para los metabolitos GLU y P en la raza Charoláis, así como GLU y NU para la raza Simmental. El análisis de estas interacciones permite evaluar la dinámica de cierto metabolito a través del año bajo ambientes y condiciones de manejo diferentes, por lo que representa un buen indicador para proponer la metodología utilizada en esta investigación como herramienta para diagnosticar posibles problemas nutricionales y/o metabólicos en vacas mantenidas en el agostadero durante las diferentes épocas del año.

La interacción rancho \times estación involucra la respuesta del ganado a la calidad y cantidad del recurso forrajero de cada rancho a través del año, además de otros factores como son el manejo, clima, estado fisiológico, etc. Obejdat *et al.* (2002) mencionan que la dinámica en la variación de la calidad del forraje y el estado fisiológico de las vacas a través de los meses, puede ser observada en la concentración de metabolitos séricos, en los cambios en el PV y la CC.

Para el caso particular de la raza Beefmaster en LE los niveles séricos de GLU en verano fueron muy inferiores (31.4 mg/dL) al valor crítico (45 mg/dL) propuesto por Kaneko *et al.* (1997) y en otoño fueron marginales. Los valores encontrados en LR fueron dentro de los rangos normales. Respecto al NU se observaron sólo niveles marginales (7.7 mg/dL) en el verano para LE, y valores inferiores al valor crítico en primavera y verano (6.9 y 5.7 mg/dL) en LR. Así mismo, los niveles séricos de Ca se encontraron dentro del rango normal en los dos ranchos solamente en otoño, ya que en primavera, verano e invierno presentan niveles marginales, siendo más crítico durante la primavera en LR donde la concentración sérica es muy inferior (6.4 mg/dL) al valor crítico. El P solamente presentó niveles inferiores (4.0 mg/dL) al valor crítico durante la primavera en el rancho LE (Figura 7).

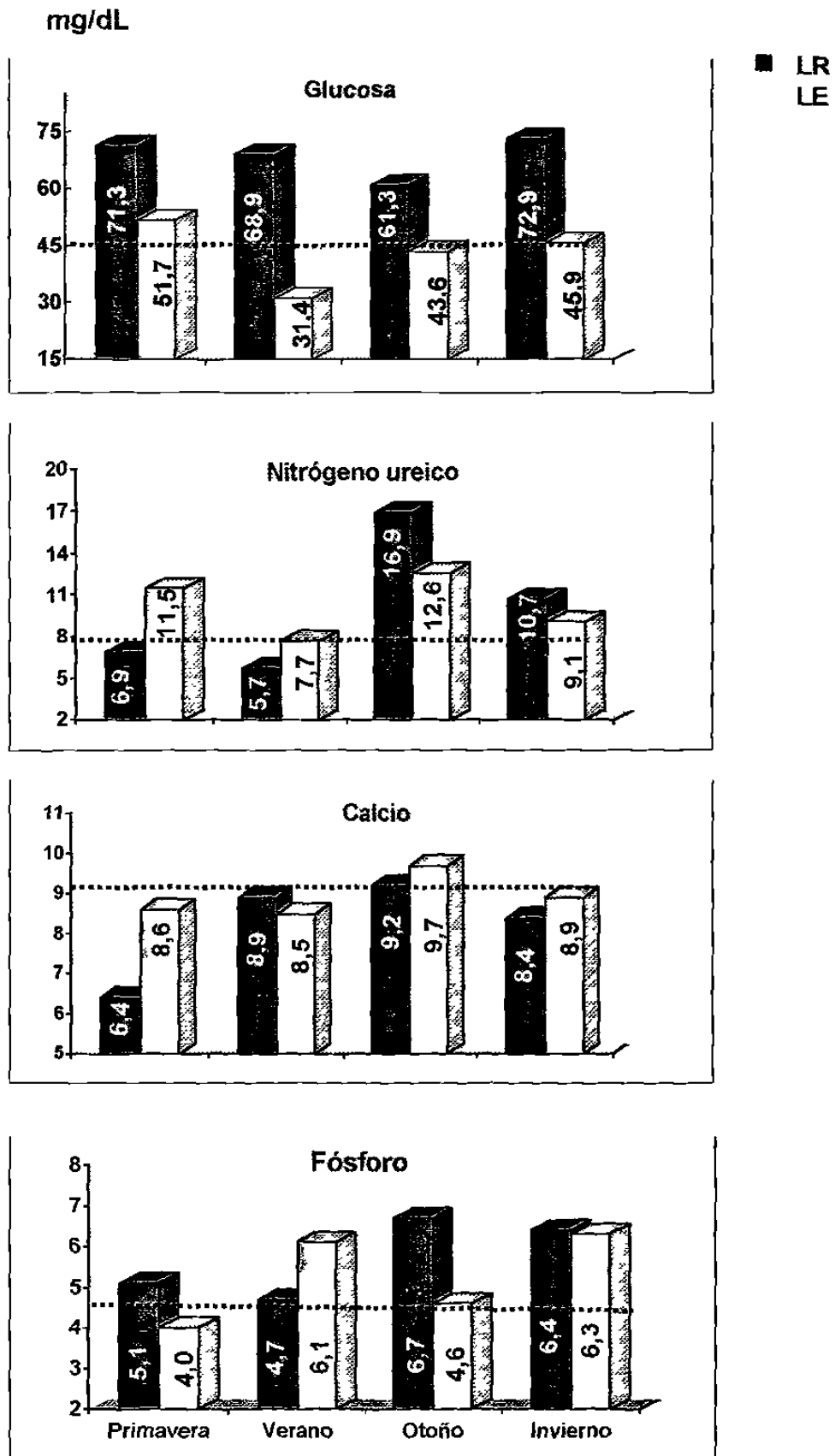


Figura 7. Interacción rancho por estación para glucosa, nitrógeno ureico, calcio y fósforo sérico en vacas Beefmaster. La línea punteada indica el nivel mínimo del rango normal.

4.3 Peso vivo, condición corporal y metabolitos séricos en diferentes genotipos de ganado de carne en agostadero en tres unidades de producción del noreste de México.

En esta sección se presenta la comparación de los valores de PV, CC y metabolitos séricos (GLU, NU, Ca, P, INS y T₃) entre las diferentes razas. La comparación se realiza entre las dos razas existentes en cada rancho. Los valores fueron obtenidos del mismo número de animales que se utilizaron para evaluar la dinámica estacional

4.3.1 Peso vivo y condición corporal en diferentes genotipos de ganado de carne

Se encontró diferencia ($P < 0.05$) en PV entre razas en los tres ranchos estudiados, observándose con el peso más alto a la raza Charoláis al ser comparada con la Simmental en SR, y con la Beefmaster en LR. En LE Se observó superioridad de la raza Beefmaster respecto a la Simmental.

En relación al promedio de PV, derivado de los pesos obtenidos de dos ranchos, para cada raza, se observa claramente la tendencia a presentar el mayor PV la raza Charoláis, seguida por la Beefmaster y el menor peso corresponde la raza Simmental (Cuadro 8).

Nadarajah *et al.* (1984) mencionan que vacas cruzadas de Charoláis X Angus con peso de 467 a 527 kg de peso vivo, pueden pesar de 33 a 135 kg más que vacas Angus de 3 a 6 años de edad y también a la madurez (7 años). Coincidiendo con el presente trabajo en haber observado variación entre diferentes genotipos de ganado bovino.

Cuadro 8. Peso vivo (PV) (kg) y condición corporal (CC) en diferentes genotipos de bovinos de carne en tres ranchos del noreste de México.

	SR*		LR*		LE*		PROMEDIO	
	PV*	CC*	PV*	CC*	PV*	CC*	PV*	CC*
Charoláis	589.3 ^a	5.3	608.4 ^a	6.0	**	**	598.9	5.7
Beefmaster	**	**	570.7 ^b	6.2	548.5 ^a	5.2	559.6	5.7
Simmental	558.2 ^b	5.4	**	**	518.2 ^b	5.2	538.2	5.3
EE ±	11.0	0.12	9.6	0.09	7.1	0.08		

^{a,b,c} Medias en la misma columna con distinta letra indican diferencia (P<0.05)

*CC=Condición corporal, PV=Peso vivo, SR=San Rafael, LR=La Reforma, LE=La Esperanza

** Razas no existentes en ese rancho

Con relación a la CC no se encontró diferencia significativa entre las razas en los tres ranchos (Cuadro 8). Existió una tendencia a presentar menor CC las vacas de la raza Charoláis en dos de los ranchos evaluados al ser comparadas con vacas Beefmaster en LR y Simmental en SR, lo cual sugiere que las vacas de la raza Charoláis, debido a su mayor peso corporal, tienden a presentar una menor CC debido a la dificultad para llenar sus requerimientos nutricionales en los agostaderos del noreste de México.

Sin embargo al calcular el promedio de CC en los dos ranchos en los cuales se encuentra la misma raza, no se observa ninguna diferencia entre la Charoláis y Beefmaster, mostrando una tendencia muy clara a presentar la menor condición corporal la raza Simmental, aunque dentro de cada rancho al ser comparada con las otras razas, ésta presenta los valores más altos (Cuadro 8).

Los resultados del presente trabajo no coinciden con Arango *et al.* (2002) quienes reportaron diferencia entre genotipos, ya que vacas Hereford X Angus fueron superiores en CC a un grupo de genotipos conformado por Jersey X Hereford, Limosin X Hereford, Simmental X Hereford y, South Devon X Hereford y Angus, excepto a las cruzas con Charoláis (Charoláis X Hereford y Charoláis X Angus) que presentaron valores de CC más altos (6.6) a los 4 años de edad.

4.3.2 Glucosa y nitrógeno ureico en suero sanguíneo de bovinos de diferentes genotipos

Existió diferencia entre genotipos ($P < 0.05$) en la concentración sérica de GLU, solamente en LR, observándose la mayor concentración (mg/dL) en la raza Beefmaster (67.5) al ser comparada con la Charoláis (54.1) (Cuadro 9). Obejdat *et al.* (2002) reportaron en los meses de febrero, mayo y septiembre mayor concentración en Brahman, 65.3, 56.4 y 55.2 mg/dL, al ser comparada con Angus, 49.8, 48.2 y 49.6 mg/dL. Coincidiendo esto con lo observado en el presente estudio. En SR y LE no se encontró diferencia entre los diferentes genotipos ahí existentes.

Sin embargo, al calcular el promedio de GLU en los dos ranchos en los cuales se encuentra la misma raza, se observa una tendencia a presentar mayor concentración la Beefmaster, seguida de la Charoláis y la Simmental (55.5, 49.8 y 42.7 mg/dL, respectivamente).

Cuadro 9. Niveles séricos de glucosa y nitrógeno ureico (mg/dL) en diferentes genotipos de bovinos de carne en tres ranchos del noreste de México.

	SR		LR		LE		PROMEDIO	
	GLU*	NU*	GLU*	NU*	GLU*	NU*	GLU*	NU*
Charoláis	45.4	6.8 ^b	54.1 ^b	8.8 ^b	**	**	49.8	7.8
Beefmaster	**	**	67.5 ^a	10.3 ^a	43.5	9.9	55.5	10.1
Simmental	44.9	10.5 ^a	**	**	40.4	9.5	42.7	10.0
EE ±	8.0	2.8	11.8	2.0	10.8	3.3		

^{a,b,c} Medias en la misma columna con distinta letra indican diferencia ($P < 0.05$)

* GLU=Glucosa, NU=Nitrógeno Ureico, SR=San Rafael, LR=La Reforma, LE=La Esperanza

** Razas no existentes en ese rancho

Con relación a los niveles séricos de NU, difirieron entre razas en dos de los ranchos, encontrándose en SR el valor más alto en la raza Simmental (10.5 mg/dL) al ser comparada con la Charoláis (6.8 mg/dL), mientras que en LR, la concentración mayor se presentó en la Beefmaster y la menor en la raza Charoláis (10.3 vs 8 mg/dL). Al realizar la evaluación con los promedios de los ranchos que tienen la misma raza, no se observó diferencia entre Beefmaster y Simmental.

pero sí con la Charoláis que presentó el valor más bajo (10.1, 10.0 y 7.8, respectivamente) (Cuadro 9).

Diferencias en la concentración de GLU y NU en suero de bovino de diferentes razas ha sido reportado por Matsuzaki *et al.* (1997), con menor concentración de GLU ($P < 0.05$) en la Japanese Black comparada con la raza Holstein (65 vs 98.0 mg/dL). Respecto al NU la raza Holstein tuvo menor concentración ($P < 0.05$) que las razas Japonesas (5 vs 10 mg/dL) a los 300 kg de peso.

Estas observaciones implican que pueden existir diferentes mecanismos en vacas de diferentes razas en la utilización de nutrientes para mantenimiento y movilización de tejido adiposo (Obejdat *et al.*, 2002), situación que puede estar sucediendo en las razas Beefmaster, Charoláis y Simmental.

4.3.3 Calcio y fósforo sérico en bovinos de diferentes genotipos

En cuanto a los minerales Ca y P, sólo en el rancho LR existió efecto debido a raza ($P < 0.05$) en la concentración de P sérico, siendo la raza Charoláis la que presentó el valor más alto (6.5 mg/dL) al ser comparada con la Beefmaster (5.6 mg/dL) (Cuadro 10). Estos resultados coinciden parcialmente con los reportados por Littledike *et al.* (1995) quienes encontraron los mayores ($P < 0.05$) niveles de Ca sérico en vacas de raza Angus, Red Poll y Limousin cuando fueron comparadas con vacas Simmental. En el mismo estudio se reporta que no se encontró diferencia entre las razas Charoláis y Simmental, coincidiendo con los resultados del presente trabajo.

Las variaciones en la concentración sérica de minerales en el ganado no fueron tan evidentes como el caso de GLU y NU, así mismo no se observó efecto ($P > 0.05$) de interacción, raza por estación para Ca y P, tal vez porque las reservas de este tipo de nutrientes permiten al animal ajustarse a situaciones de deficiencias por un periodo de tiempo más prolongado (Underwood y Suttle, 1999).

Cuadro 10. Niveles séricos de calcio y fósforo (mg/dL) en diferentes genotipos de bovinos de carne en tres ranchos del noreste de México.

Genotipos	SR*		LR*		LE*		PROMEDIO	
	Ca*	P*	Ca*	P*	Ca*	P*	Ca*	P*
Charoláis	9.2	5.5	8.2	6.5 ^a	**	**	8.7	6.0
Beefmaster	**	**	7.9	5.6 ^b	8.9	5.2	8.4	5.4
Simmental	9.8	6.5	**	**	9.1	5.2	9.5	5.9
EE ±	0.82	0.77	0.22	0.26	0.17	0.26		

^{a,b} Medias en la misma columna con distinta letra indican diferencia (P<0.01).

* Ca = Calcio, P = Fósforo, SR=San Rafael, LR=La Reforma, LE=La Esperanza

** Razas no existentes en ese rancho

4.3.4 Relación calcio: fósforo (Ca:P) sérico en diferentes genotipos

No se observó diferencia (P>0.05) en la relación Ca:P entre razas en SR y LE. Solo se encontró diferencia (P<0.01) en LR, con el valor más alto en la raza Beefmaster con 1.6:1 y menor en la Charoláis con 1.3:1 (Cuadro 11). Los valores encontrados en cuanto a relación Ca:P en este trabajo se encuentran dentro del rango mencionado por Huerta (1999) como adecuado de 1.4:1 a 2.0:1.

Cuadro 11. Relación Ca:P sérico en tres genotipos de ganado bovino de carne en agostadero.

Genotipos	SR*	LR*	LE*	PROMEDIO
Charoláis	1.7	1.3 ^b	**	1.5
Beefmaster	**	1.6 ^a	1.8	1.7
Simmental	1.7	**	2.0	1.9
EE	0.06	0.05	0.04	

^{a,b} Medias en la misma columna con distinta letra muestran diferencia (P<0.01).

* SR=San Rafael, LR=La Reforma, LE=La Esperanza

** Razas no existentes en ese rancho

Cuando existe deficiencia simple de P, los niveles de Ca en suero aumentan de 9-11 mg/dL a 13-14 mg/dL (Millar, 1986 Citado por Huerta, 1999). Por otro lado, la deficiencia de Ca en la dieta puede incrementar la concentración de P en suero. Por esta razón, se recomienda determinar la concentración de Ca y la relación Ca:P en suero cuando se realiza un estudio acerca de P. Una relación Ca:P fuera

de los rangos normales pueden deberse a algún problema (Huerta, 1999) o a un consumo inadecuado ya que concentraciones minerales en suero o sangre son generalmente relacionados con el consumo (ARC 1980; Underwood 1981, citados por Small *et al.*, 1997).

4.3.5 Insulina y triyodotironina sérica en diferentes genotipos de ganado

Para el caso de la insulina no se encontró diferencia ($P>0.05$) entre razas dentro de rancho. En los diferentes ranchos se observa una tendencia muy marcada a ser mayor la concentración sérica en LR en las dos razas (0.84 ng/dL) que en LE (0.50 ng/dL) y en SR con 0.27 ng/dL (Cuadro 12).

Thomas *et al.* (2002, citados por Obejdat *et al.*, 2002) reportan no haber encontrado diferencia en la concentración de insulina en animales Angus y Brahman en crecimiento, coincidiendo con el presente trabajo en no observar diferencia entre razas (Charoláis vs Simmental, Charoláis vs Beefmaster y Simmental vs Beefmaster), pero se difiere con Beeby *et al.* (1988), quienes reportaron diferencia significativa con mayor concentración de insulina en Aberdeen Angus que en el resto de las cruzas (Hereford, Simmental y Charoláis cruzadas con British Friesian). Obejdat *et al.* (2002) también observaron diferencia entre Angus y Brahman, en PV, CC, en la concentración de GLU, NU, INS y T_3 .

Estas diferencias pueden ser ocasionadas por las desigualdades en la cinética de la digestión, debidas al contenido y calidad del forraje obtenido del pastoreo, esto ha sido bien observado entre Angus y Brahman por Forbes *et al.*, (1998) y/o, a diferencias en la selectividad de la dieta, aspecto que se ha observado en ganado en pastoreo entre diferentes genotipos en el desierto de Chihuahua (De Alba-Becerra *et al.*, 1998). Esto probablemente podría explicar la variación encontrada en el presente trabajo en PV, GLU y NU entre razas, en algunos de los ranchos evaluados en el noreste de México.

No se observó efecto ($P>0.05$) en la concentración sérica de INS, probablemente debido a que, la concentración, sensibilidad y/o resistencia en ganado puede estar

influenciada por la raza, sexo, edad y/o calidad de la dieta y la variación observada entre Bahman y Angus puede ser debida a la diferencia en la conducta de pastoreo entre ambas razas (Forbes *et al.*, 1998).

Cuadro 12. Niveles séricos de Insulina y Triyodotironina (ng/dL) en diferentes genotipos de bovinos de carne en tres ranchos del noreste de México.

Genotipos	SR*		LR*		LE*		PROMEDIO	
	INS*	T ₃ *	INS*	T ₃ *	INS*	T ₃ *	INS*	T ₃ *
Charoláis	0.25	1.4	0.84	2.9	**	**	0.55	2.2
Beefmaster	**	**	0.83	3.1	0.53	2.4	0.68	2.8
Simmental	0.29	1.4	**	**	0.47	2.4	0.38	1.9
EE ±	0.03	0.04	0.07	0.10	0.06	0.08		

* SR=San Rafael, LR=La Reforma, LE=La Esperanza, INS=Insulina, T₃=Triyodotironina

** Razas no existentes en ese rancho

La variación en la concentración sérica de T₃, en el presente trabajo no fue evidente, no se encontró diferencia (P>0.05) entre razas en los tres ranchos evaluados, sin embargo al igual que la insulina, se observó la misma tendencia, los valores más bajos se encontraron en SR para las dos razas, valores intermedios en LE y los valores más altos se observaron en LR (Cuadro 12).

Sin embargo estos resultados difieren con Obejdat *et al.* (2002) quienes reportan una interacción (P<0.05) raza por mes, encontrando mayores concentraciones de T₃ en Brahman que en Angus en cada uno de los meses evaluados, febrero, mayo y septiembre.

Debe de tomarse en consideración que existe una disimilitud considerable en cuanto a las concentraciones de hormonas tiroideas, ya que están influenciadas por una serie de factores como son la edad, raza, temperatura ambiental, estado nutricional, salud (Cunningham, 1999), restricciones en la alimentación a través del día (Sticker *et al.*, 1996), así como a la variabilidad de los resultados en las concentraciones de éstas hormonas por los diferentes laboratorios. Por lo que se deben validar con cuidado los temas de análisis de las hormonas tiroideas (Cunningham, 1999).

4.3.6 Interacción raza por estación dentro de cada unidad de producción

Se encontró interacción raza por estación, solamente para NU en el rancho SR. En primavera y verano las dos razas (Charoláis y Simmental) presentaron niveles séricos similares ($P>0.05$) e inferiores al rango considerado como normal (7.8-24.6 mg/dL) de acuerdo a Merck (1991), en otoño la raza Charoláis presentó menor ($P<0.05$) nivel sérico que la Simmental encontrándose ambos valores dentro del rango normal. En invierno la raza Charoláis presentó niveles (4.4 mg/dL) muy inferiores al nivel crítico, y la Simmental presentó un valor de 10.9 mg/dL siendo éste superior, aunque dentro del rango normal (Figura 8).

Las concentraciones de NU en suero sanguíneo pueden ser usadas como un indicador del consumo o del catabolismo de proteína (Obejdat *et al.*, 2002). Las vacas del rancho SR estuvieron consumiendo forraje de baja calidad en verano e invierno. Sin embargo la Simmental presentó los valores más altos en otoño e invierno, probablemente debido a que diferentes mecanismos pueden existir entre estas dos razas para usar la proteína tisular como una fuente de energía para mantenimiento y producción (Obejdat *et al.*, 2002)

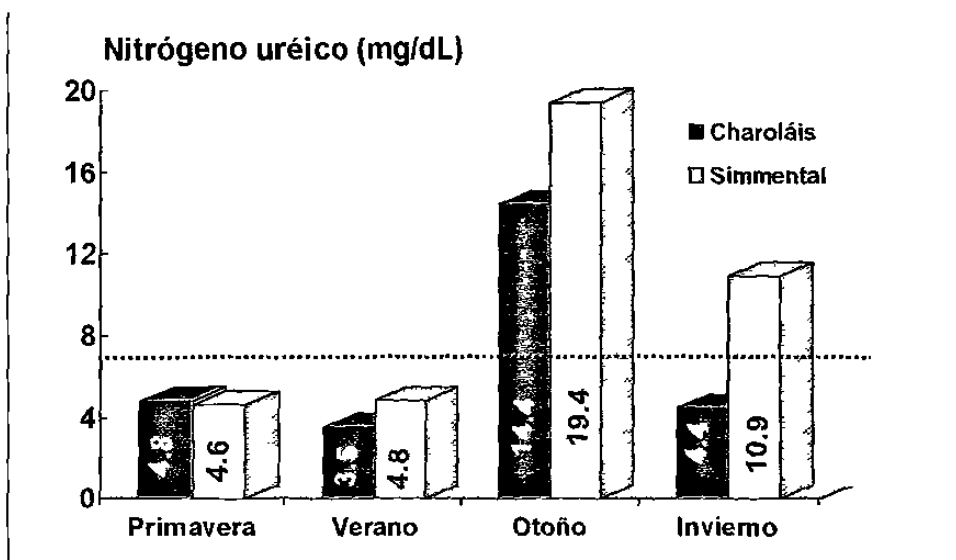


Figura 8. Interacción raza por estación para nitrógeno ureico en suero sanguíneo de vacas Charoláis y Simmental en el rancho SR. La línea punteada indica el nivel mínimo del rango normal.

4.4 Factores que afectan la concentración de metabolitos séricos en vacas Charoláis alimentadas con pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) en confinamiento.

Este trabajo consistió en realizar tres pruebas, para evaluar el efecto del tiempo de centrifugación después de haber sido tomada la muestra, el efecto de la calidad y la cantidad de la dieta y el efecto de la hora del día, sobre la concentración de metabolitos séricos en ganado de carne en confinamiento.

4.4.1 Evaluación del efecto del tiempo de centrifugación de la sangre en la concentración de glucosa, nitrógeno ureico y fósforo sérico.

En esta sección se presenta la concentración de metabolitos en suero sanguíneo a diferentes horas de centrifugación después de haber sido tomada la muestra. Para esta prueba se utilizaron 8 vacas Charoláis.

Se encontró diferencia en la concentración de GLU y NU en base a la hora en que fue centrifugada la muestra de sangre. La GLU disminuyó ($P < 0.05$) en un 7% y el NU en un 8% cuando las muestras fueron centrifugadas 8 horas después de su obtención. Kaneko *et al.* (1997) mencionan que la GLU puede ser catabolizada hasta en un 10 % por hora si la muestra de sangre se deja a temperatura ambiente. SIGMA (1990) menciona una pérdida de GLU del 5% por cada hora que el suero se encuentra en contacto con el coágulo de sangre. En el presente estudio la pérdida por hora fue de 0.8% y de 1.0% para GLU y NU respectivamente.

No se observó diferencia ($P > 0.05$) entre la centrifugación de las 8 a 24 horas posmuestreo, encontrando una concentración de 53.7 y 52.6 mg/dL respectivamente. Así mismo no se encontró variación ($P > 0.05$) en la concentración de P, encontrando valores (mg/dL) de 7.7, 8.2 y 8.5 para la hora 1, 8 y 24, respectivamente (Cuadro 13).

Cuadro 13. Glucosa, nitrógeno ureico y fósforo sérico (mg/dL) en suero sanguíneo de bovinos centrifugados a diferentes tiempos posmuestreo.

TIEMPO POSMUESTREO (Horas)	GLUCOSA	NITRÓGENO URÉICO	FÓSFORO
1	57.7 ^a	13.3 ^a	7.7
8	53.7 ^b	12.2 ^b	8.2
24	52.6 ^b	11.8 ^b	8.5
EE	1.5	0.36	0.20

^{a,b,c} Medias en la misma columna con distinta letra indican diferencia ($P < 0.05$)

4.4.2 Evaluación del nivel y calidad de la dieta suministrada a bovinos de carne en confinamiento sobre la concentración de glucosa, nitrógeno ureico y fósforo

Esta prueba se realizó en 4 periodos de 14 días. Se utilizaron 8 vacas Charoláis y 12 animales cruzados de Charoláis x Simmental, dando un total de 20 vacas. Se les proporcionó una alimentación a base de zacate Buffel con dos calidades de proteína y dos niveles de consumo.

En el primer periodo se observó diferencia en GLU ($P=0.06$) debida al nivel de consumo, encontrándose la concentración más alta para el nivel de 60% para ambos metabolitos. El mayor nivel de GLU en animales alimentados al 60% de su consumo voluntario, probablemente haya sido causado por el uso de proteína catabolizada para síntesis de GLU (Rusche *et al.*, 1993). Los almacenes de glucógeno hepático se encuentran relativamente limitados y no pueden mantener las concentraciones de GLU sanguínea por mucho tiempo (más de 24 horas) (Cunningham, 1999; Bondi, 1988).

El catabolismo de los aminoácidos de cadena lateral (leucina, isoleucina y valina) se inicia con la desaminación y la formación de cetoácidos alfa, los cuales se incorporan después al ciclo de Krebs para la producción de GLU. A través de la movilización de la proteína muscular y de la estimulación de la gluconeogénesis

hepática, interviene el cortisol (hormona adrenocortical), que ejerce uno de sus efectos principales, es decir, el de aumentar las concentraciones de GLU sanguínea (Cunningham, 1999).

Para el caso de NU, solo se observó diferencia ($P < 0.05$) para el nivel de consumo, similar a lo observado en GLU. La concentración sérica más alta de NU fue para el nivel del 60% con 12.4 mg/dL y menor para el nivel del 100% con 8.8 mg/dL.

Al catabolizarse las proteínas corporales, se observa un incremento en la concentración de NU en sangre (Obejdat *et al.*, 2002), lo cual probablemente es lo que haya sucedido en este primer periodo. No se observó variación ($P > 0.05$) en cuanto a la concentración de GLU y NU debido a la calidad de la dieta y a la raza. Para el caso del P no se encontró diferencia en ninguno de los factores evaluados (Cuadro 14).

Cuadro 14. Concentración sérica (mg/dL) de glucosa, nitrógeno ureico y fósforo en el primer periodo con dos niveles y dos calidades de alimentación en dos genotipos de ganado de carne.

	GLUCOSA	NITROGENO UREICO	FÓSFORO
Nivel %			
100	45.3 ^b	8.8 ^b	7.5
60	47.5 ^a	12.4 ^a	7.9
Calidad %			
10	46.1	10.4	7.6
7	46.7	10.6	7.7
Raza			
Charoláis	50.7	10.9	7.5
Ch/Sm*	43.5	10.2	7.7
EE	4.8	2.4	1.1

^{a,b} Medias en la misma columna de Glucosa con distinta letra indican diferencia ($P = 0.06$)

^{a,b} Medias en la misma columna de nitrógeno Ureico con distinta letra indican diferencia ($P < 0.05$)

* Cruza de Charoláis con Simmental

En el segundo periodo no se encontró diferencia ($P > 0.05$) en la concentración de GLU debida al nivel, aunque se observa un valor ligeramente superior para el 100% del consumo. Contrario a lo que se observó en el primer periodo, para el

caso de NU se observó la misma tendencia que en el primer periodo, encontrándose una concentración más alta ($P < 0.05$) para el nivel de consumo del 60% con 12.1 mg/dL y menor para el 100% con 9.8% (Cuadro 15), lo cual puede estar asociado a la degradación de proteína de reserva para usarla como fuente de energía (Cunningham, 1999). Sin embargo, los niveles de GLU en el segundo periodo fueron menores (15-20%) que en el primer periodo.

La calidad de la dieta no afectó ($P > 0.05$) la concentración de GLU; sin embargo en NU el valor más alto se encontró para la calidad con 10% de PC, el cual fue generado a partir de una suplementación con harinolina. Ha sido reportado por Jordan *et al.* (1983, citado por Rusche *et al.*, 1993) que el NU se incrementa a medida que se incrementa el nivel de proteína consumida. Hornick *et al.* (1998) reportó una diferencia ($P < 0.05$) en la concentración (mg/dL) de NU de 7.27 y 17.0 en ganado Belgian Blue en un periodo de bajo crecimiento (0.5 kg/día) y un periodo de engorda (1.3 kg/día). Se utilizó para el periodo de bajo crecimiento una dieta baja en energía y proteína y para el periodo de engorda una dieta alta en energía y proteína.

Se encontró diferencia ($P < 0.05$) entre razas para GLU y NU. La concentración más alta en GLU se observó en la cruce de Charoláis x Simmental con 40.9 mg/dL y menor en Charoláis con 35.9 mg/dL. En NU el valor más alto se observó en Charoláis con 13 mg/dL y menor en la cruce de Charoláis x Simmental con 9.3 mg/dL (Cuadro 15).

La diferencia entre razas está reportada por Matsuzaki *et al.* (1997) quien encontró valores más altos en la raza Holstein al ser comparada con la Japanese Blacks y valores intermedios para la Japanese Brown. La diferencia fue encontrada a los 300, 400 y 600 kg de PV. La concentración sérica de P, no fue afectada ($P > 0.05$) por ninguno de los factores analizados.

Cuadro 15. Concentración sérica (mg/dL) de glucosa, nitrógeno ureico y fósforo en el segundo periodo con dos niveles y dos calidades de alimentación en dos genotipos de ganado de carne.

	GLUCOSA	NITRÓGENO UREICO	FÓSFORO
Nivel %			
100	39.4	9.8 ^b	6.9
60	38.7	12.1 ^a	7.5
Calidad %			
10	38.9	13.5 ^a	7.3
7	39.2	8.0 ^b	7.1
Raza			
Charoláis	35.9 ^b	13.0 ^a	7.8
Ch/Sm*	40.9 ^a	9.3 ^b	6.7
EE	4.7	1.8	1.16

^{a,b} Medias en la misma columna con distinta letra indican diferencia (P<0.05)

* Cruza de Charoláis con Simmental

En el tercer periodo no se encontró diferencia significativa (P>0.05) para ningún metabolito. Sin embargo se observó una tendencia (P=0.19) a presentar concentraciones más altas de NU y P por efecto del nivel de consumo, observándose los valores más altos para el nivel de 100%. Con relación a la calidad de la dieta la tendencia (P=0.12) a presentar valores más altos se observó en GLU y NU con el 10% al compararse con el 7% de PC (Cuadro 16).

En este periodo en general los niveles séricos de GLU y NU se observaron más bajos que en los dos periodos anteriores, reflejando probablemente el efecto de un prolongado periodo de bajo nivel de alimentación tanto en calidad como en cantidad. Los bajos niveles pueden ser debido a que durante los periodos prolongados de ayuno o de subnutrición, la GLU y los aminoácidos se *conservan* (quizás en niveles mínimos) debido a la utilización de las grasas y de los cuerpos cetónicos como precursores para la producción de energía, ya que, como ya se mencionó, los almacenes de glucógeno hepático son limitados y no pueden sostener las concentraciones de GLU sanguínea por mucho tiempo (Cunningham, 1999).

Se observó efecto del nivel, y la calidad de la dieta en la concentración de GLU y NU, observándose concentraciones más altas a bajos niveles de alimentación, lo que sugiere que se debe precisar si el contenido de metabolitos en suero sanguíneo, después de un periodo de restricción de alimento haya sido causado por el uso de proteína catabolizada para síntesis de GLU. Al catabolizarse las proteínas corporales, consecuentemente se observa un incremento en la concentración de NU en sangre (Rusche *et al.*, 1993).

En cuanto a raza se encontró diferencia ($P < 0.01$), tanto para GLU como para NU, siendo la concentración más alta para la raza Charoláis en los dos metabolitos, con un 43.3% en GLU y 10.1% en NU. Presentando la Ch/S un contenido de 32.1% y 7.6% para GLU y NU, respectivamente (Cuadro 16).

Cuadro 16. Concentración (mg/dL) sérica de glucosa, nitrógeno ureico y fósforo en el tercer periodo utilizando dos niveles y dos calidades de alimentación en dos genotipos de ganado de carne.

	GLUCOSA	NITRÓGENO UREICO	FÓSFORO
Nivel %			
100	36.5	8.5	7.1
60	36.6	6.4	6.6
Calidad % PC			
10	37.8	9.4	6.8
7	35.4	8.5	6.9
Raza			
Charoláis	43.3 ^a	10.1 ^a	6.8
Ch/Sm*	32.1 ^b	7.6 ^b	6.9
EE	4.2	1.6	1.1

^{a,b} Medias en la misma columna con distinta letra indican diferencia ($P < 0.05$)

* Ch/Sm=Cruza de Charoláis con Simmental

En el cuarto periodo se evaluó el efecto residual del nivel y calidad de la dieta proporcionada durante tres periodos de 14 días, a dos genotipos de ganado de carne, después de 14 días pastoreando zacate Buffel y Pretoria. No encontrándose diferencia ($P>0.05$) entre nivel y calidad de alimentación para ningún metabolito analizado, ni entre genotipos.

En este último periodo, en general, la GLU se observa ligeramente superior a los dos periodos anteriores, caso contrario al del NU en donde se observó una disminución drástica al ser comparada con los periodos anteriores, incluso observándose niveles de NU inferiores al valor mínimo del rango considerado como normal por Merck (1991), coincidiendo con Steen *et al.* (1979) que reportaron concentraciones de NU en plasma más bajas (6.8 a 8.9 mg/dL), al iniciar en abril la época de pastoreo, y más altas (12.3 a 16.1 mg/dL), al finalizar ésta en septiembre. En el caso del P también se observa una ligera disminución en los valores de este periodo comparado con los anteriores.

Cuadro 17. Efecto del nivel y la calidad de la dieta 15 días después, sobre la concentración (mg/dL) sérica de glucosa, nitrógeno ureico y fósforo en dos genotipos de ganado, pastoreando zacate Buffel y Pretoria (Cuarto periodo).

	GLUCOSA	NITRÓGENO UREICO	FÓSFORO
Nivel			
100	46.2	2.9	5.1
60	45.2	2.6	5.4
Calidad % PC			
10	44.4	2.6	5.1
7	47.0	2.8	5.4
Raza			
Charoláis	46.1	2.6	5.0
Ch/Sm*	45.3	2.9	5.4
EE	3.0	0.25	0.36

^{a,b} Medias en la misma columna con *distinta* letra indican diferencia ($P<0.05$)

* Ch/Sm=Cruza de Charoláis con Simmental

Para el caso de la GLU se observó una interacción ($P < 0.05$) raza por calidad (Figura 9), la Charoláis presenta la concentración más baja con el contenido de proteína más alto (10% PC) y el valor más alto con 7% PC. La cruce de Charoláis por Simmental presenta la concentración más alta con el 10% PC al se comparada con el 7% PC, aunque la concentración en el 10% PC es menor que en la Charoláis. Posiblemente este efecto sea el reflejo de que existen diferencias entre razas, en la eficiencia de utilización de los nutrientes para la síntesis de energía y proteína (Obejdat *et al.*, 2002, Matsuzaki *et al.*, 1997 y Jenkins y Ferrell, 1994).

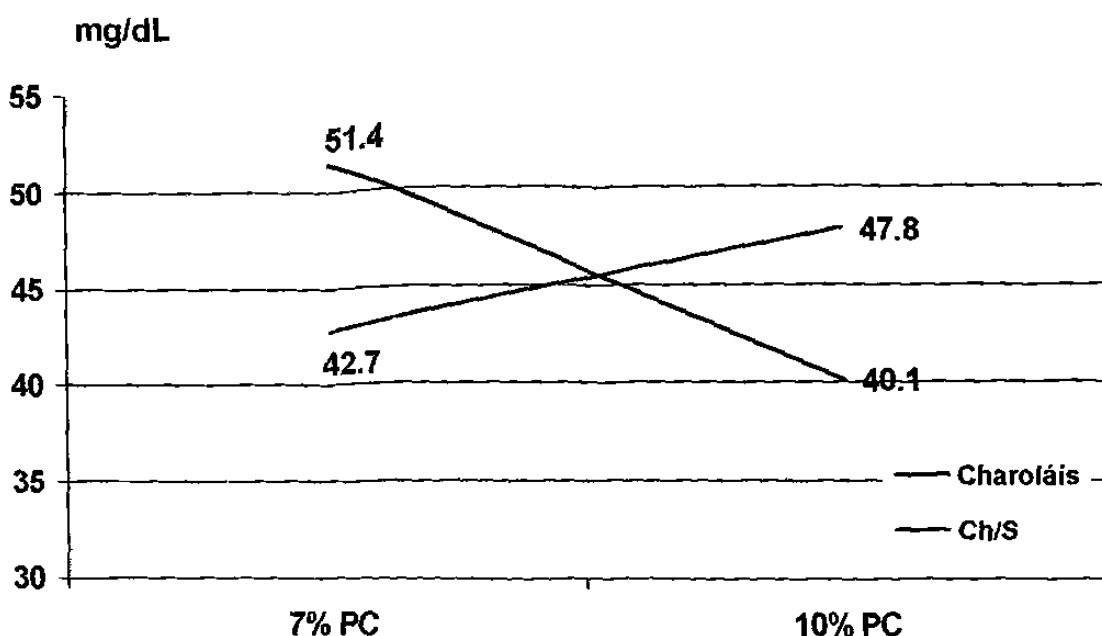


Figura 9. Interacción raza por calidad para glucosa en dos genotipos de ganado de carne, pastoreando 14 días zacate Buffel y Pretoria, antecidos por tres periodos de 14 días con dos niveles y dos calidades de alimentación.

4.4.3 Variación diurna en la concentración de glucosa, nitrógeno ureico y fósforo sanguíneo

Se observó un incremento ($P < 0.05$) en la concentración de GLU y NU a través del día, siendo la concentración más baja registrada a las 9:00 y la más alta a las 18:00 horas, registrándose un incremento del 27% para GLU y de 29% para NU.

Aunque se presentó un incremento, los valores de NU fueron en general anormalmente bajos en todas las horas de muestreo (Cuadro 18). Estos valores de NU bajos, probablemente sean el reflejo de que los animales en el último periodo (pastoreo de zacate Buffel y Pretoria) consumieron suficiente energía, lo cual les permitió realizar el proceso de síntesis de proteína tanto a nivel rumen como a nivel corporal, que les permitió reponer aquella que pudieron haber catabolizado en los periodos anteriores, donde fueron alimentados con dietas de baja calidad y consumo restringido. No se observó ninguna variación para P a través del día.

La variación encontrada a través del día en el presente estudio coincide con Gustafsson y Palmquist (1993) quienes reportan incremento en el contenido de urea en suero sanguíneo durante el día, observando el contenido más alto entre las 11:00 y las 13:00 horas. En un plano de baja nutrición, tanto la síntesis de GLU como el catabolismo de tejido para la formación de ésta se ven disminuidos.

La síntesis de GLU probablemente sea disminuida por la reducción en la disponibilidad de propionato (Cunningham, 1999). De 4:00 a 7:00 horas después de la comida se mantiene alta la velocidad de la gluconeogénesis, comparada con la observada en el periodo antes de la comida, provocando una hiperglicemia (Bergman, 1973; citado por Caldeira *et al.*, 1999). En el presente estudio se observó un incremento en la concentración de GLU sérica a partir de las 9:00 alcanzando y manteniendo la concentración más alta a las 15:00 y 18:00 hrs.

Cuadro 18. Concentración diaria de glucosa, nitrógeno ureico y fósforo sérico (mg/dL) en suero sanguíneo de bovinos.

Hora	GLUCOSA	NITRÓGENO UREICO	FÓSFORO
9:00	46.0 ^c	2.8 ^b	5.3
12:00	52.5 ^b	2.2 ^b	5.2
15:00	58.5 ^a	2.6 ^b	5.4
18:00	58.5 ^a	3.6 ^a	5.2
EE	0.97	0.19	0.09

^{a,b,c} Medias en la misma columna con distinta letra indican diferencia ($P < 0.05$)

4.5 Correlación entre las variables analizadas en ganado bovino de carne en agostadero en tres unidades de producción

Se observó una correlación positiva ($P < 0.01$) en las variables PV con CC y GLU. Condición Corporal con GLU, INS y T_3 . Glucosa con INS y T_3 . Nitrógeno uréico con Ca, P, INS y T_3 . Así como INS con T_3 . Del 25% de las variables que presentaron correlación negativa, el 12.5% fueron altamente significativas ($P < 0.01$) (Ca:GLU y CaP:P) y 12.5% fueron significativas ($P < 0.05$) (Ca:PV y Ca:CC).

Se encontró una alta relación entre GLU e INS. Sin embargo, contrariamente a lo que se esperaba de una correlación entre Ca, P y Ca:P, solo se observó una alta ($P < 0.01$) correlación de la relación Ca:P con P, pero no una correlación entre Ca y P (Cuadro 19). La literatura reporta altas correlaciones entre el consumo de algunos nutrientes y el contenido en sangre del producto de su metabolismo. Preston *et al.* (1965; citados por Bull *et al.*, 1991) reportan alta correlación ($r \approx 0.986$) entre el consumo de PC con la concentración de NU en sangre en borregos en crecimiento y finalización.

Los resultados del presente trabajo difieren con Verde y Trenkle (1987) ya que ellos reportan una alta correlación ($P < 0.01$) entre INS y PV (0.81), efecto que no se observó en el presente trabajo. Pero se coincide con Valle *et al.* (1997) quienes reportan no haber encontrado correlación ($P > 0.05$) entre Ca y P.

Se observó correlación negativa entre PV y Ca con un coeficiente de $-.127^*$, así como entre CC y Ca ($-.133^*$), y, una correlación negativa altamente significativa entre GLU y Ca con un coeficiente de $-.190^{**}$ y entre, P y CaP con un coeficiente de $-.789^{**}$ (Cuadro 19).

Cuadro 19. Correlación en el total de las variables analizadas en bovinos de carne, en agostaderos del noreste de México

	PV	CC	GLU	NU	Ca	P	Ca:P	INS
CC	.637**							
GLU	.193**	.234**						
NU								
Ca	-.127*	-.133*	-.190**	.141**				
P				.241**				
Ca :P						-.789**		
INS		.254**	.261**	.194**				
T ₃		.301**	.393**	.283**				.575**

*CC=condición corporal, PV=peso vivo, Ca=Calcio, P=Fósforo, Ca:P=Relación calcio.fósforo, GLU=glucosa, NU=Nitrógeno ureico, INS=Insulina, T₃=triyodotironina.

** (P<0.01), * (P<0.05)