

11642

tes.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"CUAUTILAN"**

**Uso de Metabolitos Sanguíneos en la  
Determinación del Estado Nutricional de Ovinos.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION  
ANIMAL (OVINOS Y CAPRINOS)**

**P R E S E N T A :  
JORGE W. BERMUDEZ ESTEVEZ**

**ASESORES DE LA TESIS:**

**PHD. RUY ORCASBERRO G.  
MSC. MAXIMINO HUERTA B.**

**Cuautitlán Izcalli, Estado de Méx.**

**1986**

**TESIS CON  
FALDA DE COGON**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

Resumen	i
Lista de Cuadros	ii
Lista de figuras	iii
1. Introducción	1
2. Revisión bibliográfica	3
2.1. Métodos de determinación del estado nutricional	3
2.1.1. Métodos basados en la cantidad y calidad del alimento consumido	4
2.1.1.1. Métodos de disponibilidad de pastura	4
2.1.1.2. Métodos sobre el animal en pastoreo	5
2.1.1.2.1. Excreción de heces/digestibilidad	5
2.1.1.2.2. Cambios de peso durante el pastoreo	6
2.1.1.2.3. Técnicas de recambio de agua	6
2.1.1.3. Simulación de consumo	7
2.1.2. Métodos basados en la condición y producción del animal	8
2.1.3. Métodos basados en cambios bioquímicos en el animal	9
2.1.3.1. Parámetros relacionados al metabolismo del tejido adiposo	9
2.1.3.2. Parámetros relacionados al metabolismo de carbohidratos	18
2.1.3.3. Parámetros relacionados al metabolismo del nitrógeno	20
2.1.3.4. Factores que modifican las concentraciones de metabolitos en sangre	24
2.1.3.4.1. Reacción de alarma del animal	24
2.1.3.4.2. Factores asociados a la alimentación	25
2.1.3.4.3. Estado fisiológico del animal	28
2.1.3.4.4. Efectos de la dieta	28
2.1.3.4.5. Otros factores	30
3. Materiales y métodos	31
3.1. Experimento 1.	31
3.1.1. Recolección, preparación del forraje y dietas experimentales	31

3.1.2. Animales experimentales	31
3.1.3. Rutina de trabajo	33
3.1.4. Manejo de las muestras y análisis de laboratorio	35
3.2. Experimento 2	39
3.2.1. Descripción del experimento	39
3.3. Experimento 3	41
3.3.1. Descripción del área y manejo de los animales	41
3.3.2. Procedimiento experimental	41
3.4. Análisis estadístico	42
4. Resultados y discusión	43
4.1. Experimento 1	43
4.1.1. Relaciones entre los componentes sanguíneos y el balance de energía y nitrogenado en <u>dis</u> tintas horas de muestreo	43
4.1.2. Relaciones entre balance energético y constituyentes sanguíneos en el segundo período del experimento	54
4.1.3. Correlaciones entre balance de energía y los componentes sanguíneos para la información de los dos períodos.	60
4.2. Experimento 2	66
4.3. Experimento 3	71
5. Conclusiones	74
Literatura citada	76

RESUMEN

Se realizaron 3 experimentos para estudiar el comportamiento de algunos constituyentes sanguíneos (colesterol, albumina (AL), ácidos grasos no esterificados (AGNE), triptofano (TRI), urea (U), creatinina (C), glucosa, transaminasa glutámico oxalacética (GOT) y hematocrito) respecto al balance energético (BEN) y nitrogenado (BN) de ovinos en jaulas metabólicas (Exp. 1), ganancia de peso (GP) de ovinos en pastoreo (Exp. 2) y peso al nacer (PN) de los corderos (Exp. 3). En el experimento 1 se usaron 18 borregos entre 16 y 20 kg que fueron asignados a 3 tratamientos de alimentación. Todos los animales recibieron una dieta básica de forraje nativo de bosque de pino (*Pinus spp*) en avanzado estado de madurez (PC= 4.5%), y se suplementaron a los asignados a los tratamientos 2 (200 g/animal/día, de una mezcla compuesta por 45% de paja de frijol, 26% de sorgo molido, 16% de gallinaza, 10% de melaza, 2% de urea y 1% de sulfato de amonio) y 3 (25% del forraje consumido de una mezcla de 50% de sorgo y 50% de harinolina). El experimento se dividió en dos períodos de determinación del BEN y BN, y en el primero de ellos se estudió el efecto de la hora de muestreo sanguíneo (8.00, 12.00 y 17.00 h) sobre las relaciones con las variables de respuesta. Los resultados permiten concluir la conveniencia del muestreo a las 8.00 h. Las mejores correlaciones con BEN se presentaron para AGNE ( $r = -0.66$ ), TRI ( $r = 0.69$ ) y U ( $r = 0.36$ ), ajustándose dos ecuaciones multivariadas:  $BEN = 0.66 - 0.001 (AGNE) + 0.05 (TRI) + 0.01 (U)$ , ( $r^2 = 0.70$ ;  $P < 0.01$ ) y  $BEN = 0.73 - 0.001 (AGNE) + 0.05 (TRI) + 0.007 (U/C)$ , ( $r^2 = 0.70$ ;  $P < 0.01$ ). El BN presentó correlaciones elevadas con AGNE ( $r = -0.64$ ,  $P < 0.01$ ), TRI ( $r = 0.64$ ,  $P < 0.01$ ) y urea ( $r = 0.68$ ,  $P < 0.01$ ), y se ajustaron ecuaciones explicativas para las distintas horas de muestreo durante el primer período. La ecuación ajustada para el muestreo de las 8.00 h fué:  $BN = 2.57 \log (TRI) + 0.07 (U/C) - 6.53$ , ( $r^2 = 0.64$ ;  $P < 0.01$ ). El experimento 2 se realizó con borregos en pastoreo sometidos a 4 tratamientos de carga animal. Los tratamientos de carga presentaron relaciones inversas con las ganancias de peso y los AGNE presentaron correlaciones negativas ( $r = -0.60$ ,  $P < 0.01$ ) con las ganancias de peso, mientras que los otros metabolitos no se relacionaron en forma significativa. Se ajustó una ecuación explicativa de ganancia de peso:  $GP = 32.64 - 0.114 (AGNE)$  ( $r^2 = 0.41$ ,  $P < 0.01$ ). En el experimento 3 se midieron las concentraciones de AGNE, TRI y AL en ovinos no gestantes y no lactantes, en el último tercio de gestación y lactancia, de un rebaño comercial. Las concentraciones de AGNE en animales no preñados y no lactantes presentaron valores menores que los animales en último tercio de gestación ( $P < 0.05$ ), y estos menores que los animales en lactancia ( $P < 0.01$ ). Las concentraciones de TRI presentaron tendencias a la disminución al avanzar hacia estados más exigentes en requerimientos. Los AGNE presentaron correlaciones positivas con el peso al nacer de los corderos ( $r = 0.41$ ;  $P < 0.05$ ), mientras que la albúmina se relacionó negativamente con el peso al nacer ( $r = -0.61$ ,  $P < 0.01$ ). Los resultados permiten destacar la marcada asociación de los AGNE con el balance energético y sugieren una estrecha relación del triptofano con el metabolismo del nitrógeno del animal. Los otros parámetros estudiados no presentaron un comportamiento destacable.

LISTA DE CUADROS	Página
1. "Tiempo transitorio" para varios constituyentes sanguíneos	26
2. Composición porcentual y contenido de protefina de los suplementos suministrados a los animales experimentales	32
3. Resumen de la información obtenida durante el primer período experimental	44
4. Valores de las variables medidas en sangre para los tres tratamientos en diferentes horas de muestreo en el primer período del experimento	45
5. Correlaciones entre balance de energía y metabolitos en sangre, y sus relaciones naturales y logarítmicas en distintas horas de muestreo	47
6. Correlaciones entre las concentraciones de los constituyentes sanguíneos y el balance de nitrógeno	52
7. Ecuaciones que mejor explican el balance de nitrógeno en las diferentes horas de muestreo durante el primer período experimental	55
8. Resumen de la información obtenida durante el segundo período del experimento	56
9. Valores de los componentes sanguíneos medidos en sangre para los diferentes tratamientos durante el segundo período del experimento con muestreo a las 8 h.	57
10. Correlaciones entre balance energético y los componentes sanguíneos para el segundo período del experimento	59
11. Ecuaciones que mejor explican el comportamiento del balance energético para el segundo período experimental	61
12. Correlaciones entre los constituyentes sanguíneos y balance de energía para los dos períodos de experimento en muestreos a las 8.00 h.	62
13. Ecuaciones que mejor explican el comportamiento del balance de energía para los dos períodos del experimento con muestreo a las 8.00 h.	63
14. Valores medios y desviación estandar de la información obtenida en el segundo experimento	67

15. Correlaciones entre las concentraciones de metabolitos en suero y las ganancias de peso de los animales del segundo experimento 68
16. Acidos grasos no esterificados (AGNE), albúmina y triptofano total en suero de ovinos en distintos estados fisiológicos en dos fechas de muestreo 72

#### LISTA DE FIGURAS

1. Modelo de activación de la lipólisis por hormonas o agentes lipolíticos por vía de la adenil-ciclasa 11

### 1. INTRODUCCION

La explotación de rumiantes en México se realiza, mayoritariamente, en condiciones de pastoreo. Los bovinos de carne y doble propósito, los ovinos y los caprinos, obtienen una elevada proporción de sus requerimientos en pastizales nativos; mientras que los bovinos especializados en producción de leche se encuentran, generalmente, en sistemas más intensivos bajo estabulación.

La producción ovina nacional ha declinado en los últimos 40 años y en la actualidad se encuentra en un notorio estancamiento. En los sistemas predominantes de producción ovina, la nutrición de los animales ha sido descrita como una limitante técnica de importancia (Arbiza y De Lucas, 1980) y aparece como una alternativa prioritaria en el enfoque actual de la investigación (Nahed et al., 1982).

Las áreas de bosque de pino (Pinus spp) del centro del país revisten gran importancia para la producción ovina, dado que en estos estados se concentra el 28% de la población nacional para esta especie (SPP, 1981). La información disponible en la actualidad, permite concluir que las fluctuaciones estacionales en la cantidad y calidad del forraje del pastizal nativo condicionan que, en el invierno, los animales no puedan satisfacer sus requerimientos nutricionales (Alvarez y Hernández, 1982). Esta situación es particularmente grave en estados fisiológicos de alta demanda: gestación y lactancia, que se manifiestan en pérdidas productivas sumamente elevadas.

El estudio de los sistemas tradicionales de producción, así como las propuestas para su mejoramiento, dentro de un enfoque nutricional, requieren de la solución de los aspectos relacionados con el desarrollo de formas sencillas y precisas

de evaluación del estado nutricional de los animales.

Los objetivos de este trabajo se relacionan con la evaluación del balance energético y nitrogenado del animal por medio de mediciones de algunos componentes sanguíneos. El mismo se realizó en tres experimentos que difirieron en el grado de conocimiento de la situación nutricional de los animales, y cuyos objetivos particulares se describen a continuación.

**Experimento 1.** Relacionar las medidas obtenidas de ciertos componentes sanguíneos con el balance energético y nitrogenado de borregos en crecimiento alojados en jaulas metabólicas.

**Experimento 2.** Relacionar las mediciones más importantes de la primera prueba con la ganancia de peso de borregos en crecimiento pastoreando pastizales bajo bosque.

**Experimento 3.** Determinar las concentraciones de algunos componentes sanguíneos de ovinos en distintos estados fisiológicos en un rebaño comercial y relacionar las mediciones obtenidas en ovejas gestantes con el peso al nacer de sus corderos.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

El estado nutricional puede considerarse como el grado en que el aporte externo de nutrientes satisface los requerimientos del animal. En animales en condiciones de pastoreo será función del consumo y calidad del forraje, lo cual involucra a una serie de factores asociados al animal, el clima y la pastura (Allison, 1985; Orcasberro y Fernández, 1982).

Los cambios que tienen lugar en el aporte externo de nutrientes, se manifiestan en forma inmediata en las concentraciones de algunos metabolitos en sangre (Bowden, 1971) que pueden relacionarse a la absorción de nutrientes, catabolismo tisular o enzimas asociadas a ciclos específicos.

Esta revisión estará enfocada a la evaluación del estado nutricional del animal en relación al metabolismo energético y proteico. Otros autores han enfocado el estudio de la suficiencia mineral (McDowell et al., 1984; Fick et al., 1976). El estado nutricional del animal en cuanto a vitaminas ha sido poco estudiado en los rumiantes, aunque estos aspectos han sido revisados exhaustivamente en humanos por Sauberlich et al (1974).

Las concentraciones de metabolitos en sangre no son determinadas exclusivamente por factores nutricionales, por lo que se analizarán aquellos aspectos no nutricionales que pueden conducir a modificaciones en los niveles sanguíneos de estos componentes.

### 2.1. Métodos de determinación del estado nutricional.

Diferentes métodos se utilizan normalmente para la evaluación del estado nutricional de los animales, dentro de los

cuales nos interesa mencionar aquellos basados en la cantidad y calidad del alimento consumido, en la condición y producción del animal, y en las modificaciones bioquímicas.

#### 2.1.1. Métodos basados en la cantidad y calidad del alimento consumido.

La evaluación de la cantidad y calidad del alimento consumido por el animal permite conocer la suficiencia nutricional cuando se realiza la comparación con sus requerimientos por nutrientes. Las técnicas utilizadas pueden variar pero en general pueden ubicarse dentro de los siguientes grupos: métodos de disponibilidad de pastura, métodos sobre el animal en pastoreo, y simulación de consumo.

##### 2.1.1.1. Métodos de disponibilidad de pastura.

El principio para la determinación del consumo de alimento por este método, similar a la forma utilizada en las evaluaciones con animales estabulados, se basa en el conocimiento de la cantidad de forraje antes y después del pastoreo, y sobre los valores obtenidos se efectúan correcciones por un factor que estima la cantidad de forraje acumulado durante el mismo (Meijz, 1981; Meijz et al., 1982). La determinación de la cantidad de forraje en estos dos momentos se realiza mediante técnicas destructivas y no destructivas que han sido descritas por Mannetje (1978) y Meijz (1981). Dentro de las técnicas no destructivas han adquirido importancia los medidores de capacitancia (Burns et al., 1981; Vickery, 1981).

La utilización principal de los métodos de disponibilidad de pastura se restringe a bovinos de leche y a situaciones de pastoreo intensivo en fajas o rotacional con cambio diario de potreros y alta carga animal (Meijz, 1981; Meijz et al., 1982).

### 2.1.1.2. Métodos sobre el animal en pastoreo.

Las mediciones sobre el animal tienen como principal inconveniente que se interfiere con la actividad normal de pastoreo. Las determinaciones se realizan por tres medios: excreción de heces/digestibilidad, cambios de peso durante el pastoreo y valoración del recambio de agua.

#### 2.1.1.2.1. Excreción de heces/digestibilidad.

La técnica requiere de la determinación de heces excretadas por el animal y la digestibilidad del forraje consumido, calculando el consumo por medio de la fórmula:

$$\text{consumo} = \frac{\text{heces excretadas (M.S)}}{(100 - \text{digestibilidad})} \times 100$$

La determinación del total de heces excretadas puede realizarse mediante bolsas de recolección sujetas al animal por medio de un arnés o por el uso de marcadores externos. La ventaja principal de la recolección total radica en el hecho de las bajas necesidades de laboratorio que se requieren para la determinación (Meijz, 1981; Le Du y Penning, 1982). Los marcadores usados para la estimación del total de heces excretadas son compuestos exógenos al alimento, no naturales, y las formas de aplicación, propiedades e importancia han sido descritas por Kotb y Luckey (1972). El óxido de cromo es el marcador externo que se utiliza con mayor frecuencia y las formas de administración, medios de transporte, porcentaje de recuperación, metodología de muestreo y precisión de la técnica son discutidas por Meijz (1981), Le Du y Penning (1982) y Corbett (1981).

La estimación de la digestibilidad del forraje consumido

puede realizarse con animales fistulados de esófago para la recolección de muestras, seguido por la determinación de la digestibilidad in vitro. Las formas de fistulación y manejo del animal han sido revisadas por Van Dine y Torrel (1964) y McMannus (1981), mientras que las técnicas de muestreo y procesamiento de muestras son discutidas por Meijz (1981) y Le Du y Penning (1982).

Otra forma de determinación de la digestibilidad consiste en el uso de técnicas de relación que utiliza marcadores internos e indigestibles del alimento, y miden el marcador elegido en el forraje consumido y en las heces excretadas por el animal (Kotb y Luckey, 1972). Los marcadores internos más utilizados, las formas de muestreo del forraje pastoreado y de heces son revisados por Meijz (1981) y Le Du y Penning (1982).

La tercera alternativa para determinar digestibilidad del alimento consumido consiste en el uso de técnicas de índice fecal, cuyo fundamento es que el nitrógeno fecal tiene origen endógeno y se excreta proporcionalmente al consumo de materia seca por parte del animal (Córdova et al, 1978; Meijz, 1981; Le Du y Penning, 1982). Van Soest (1982) considera que se excreta el 3% de proteína cruda por cada kg de materia seca consumida.

#### 2.1.1.2.2. Cambios de peso del animal durante el pastoreo.

El fundamento del método consiste en evaluar la diferencia de peso del animal por medio de determinaciones al principio y al final del período de pastoreo. Esta diferencia debe corregirse por la excreción de heces y orina durante el pastoreo, por las "pérdidas insensibles de peso" y por las cantidades de agua ingerida por el animal (Le Du y Penning, 1982).

#### 2.1.1.2.3. Técnicas de recambio de agua.

Su utilización se ve limitada a estudios en zonas áridas o semiáridas donde los animales no tienen acceso a agua libre durante el período de pastoreo. El método consiste en la aplicación de un isótopo del agua al inicio de la medición y posteriormente se evalúa la disminución de la radioactividad debida al agua constitucional de los alimentos que pasa a formar parte de los líquidos corporales. Los animales en que se realiza la medición son tratados con un volumen conocido de agua tritiada (200  $\mu$ ci) en condiciones de ayuno y se toma posteriormente una muestra de sangre para determinar el volumen de agua corporal. Durante un período de 5 días y en muestreos cada 24 h a partir de la primera determinación se mide la disminución de la radioactividad debida al ingreso de agua proveniente del alimento (Corbett, 1978; Le Du y Penning, 1982). Con la información obtenida y conociendo la humedad del forraje consumido por el animal se puede calcular el consumo.

#### 2.1.1.3. Simulación de consumo.

La información requerida para la estimación es la producción de forraje por unidad de superficie y el modelo asume que el consumo potencial máximo del animal es limitado por la distensión ruminal. En la construcción del modelo se integran los factores más importantes del animal y la pastura que son capaces de modificar el consumo potencial máximo (Rice et al., 1974). Vera et al (1977) proponen un modelo de simulación para ovinos pastoreando Lolium perenne, en el que consideran que el consumo máximo potencial puede ser modificado por la lactación, peso del animal, edad de la pastura, disponibilidad de material verde y seco. La validación del modelo confirma la importancia de este enfoque, aunque su desarrollo para condiciones de pastizal requiere de un cúmulo de información básica no disponible en la actualidad.

### 2.1.2. Métodos basados en la condición y producción del animal.

La producción del animal puede ser utilizada para el cálculo del consumo de forraje a causa de la facilidad de las determinaciones. En este caso el consumo de forraje (CF) es determinado en base al conocimiento de los requerimientos de energía para mantenimiento y producción de los animales considerados ( $E_{m+p}$ ), comparados con la concentración de energía del forraje ( $E_f$ ). Con esta información se calcula el consumo (CF) en la siguiente forma:

$$CF = \frac{E_{m+p}}{E_f}$$

La precisión del método es enteramente dependiente de la adecuación de los estándares de requerimientos para mantenimiento y producción, y la habilidad para medir la producción del animal. Las fuentes de error de la técnica pueden ser importantes y la precisión del método es discutida por Baker (1982).

En condiciones prácticas, los cambios de peso y condición del animal han sido frecuentemente usados como forma de medir el estado nutricional del animal (Russel, 1984). Sin embargo, esta forma de evaluación permite detectar la adecuación nutricional en el largo plazo, siendo insensibles ante modificaciones nutricionales en el corto plazo (Gunn, 1983; Cockrem, 1979; Lindsay, 1976). Las variaciones de peso de los animales son normalmente influenciadas por el llenado del tracto digestivo y el tamaño del esqueleto (Gunn, 1983) o ser encubiertos por el crecimiento fetal en el caso de hembras (Russel et al., 1967). La condición del animal se evalúa por medios visuales y táctiles, lo cual predispone a variación dependiente del observador (Gunn, 1983). Russel (1984) recomienda estas formas de evaluación del estado nutricional en

animales secos o en los dos primeros tercios de gestación, usando preferiblemente los dos parámetros en forma conjunta.

### 2.1.3. Métodos basados en cambios bioquímicos en el animal.

Cuando el aporte de la dieta no logra satisfacer los requerimientos del animal por nutrientes, se presentan cambios en el metabolismo para mantener la homeostasis. La evaluación de los cambios, particularmente de algunos de los metabolitos involucrados en los mismos, pueden funcionar adecuadamente para la evaluación del estado nutricional del animal. La revisión de Bowden (1971) indica la importancia de algunos metabolitos cuando se evalúa el status energético del animal.

#### 2.1.3.1. Parámetros relacionados al metabolismo del tejido adiposo.

El tejido adiposo es el sitio principal de deposición de lípidos y constituye la mayor reserva energética del animal. Es un tejido dinámico de distribución difusa, cuyas funciones principales son la síntesis y movilización de lípidos. La importancia relativa de cada uno de estos procesos es determinada por el balance entre el consumo y los requerimientos del animal (Bauman, 1976).

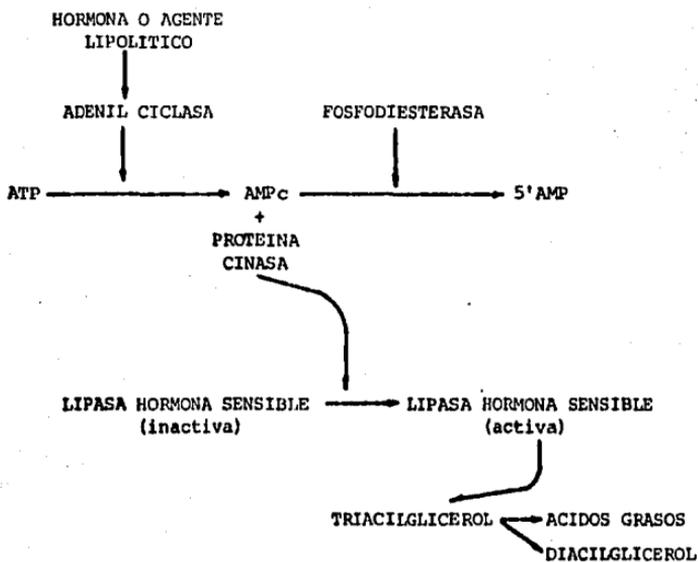
El proceso de síntesis de lípidos en los rumiantes presenta características peculiares que los diferencia de los monogástricos. Las rutas metabólicas, tasas de síntesis y regulación de la lipogénesis ha sido discutida por diferentes autores (Bauman y Davis, 1975; Bauman, 1976; Vernon, 1980). El tejido sintetizado en este proceso se constituye principalmente de lípidos (93%, base seca) en los ovinos adultos y dentro de ellos los triglicéridos son los compuestos más abundantes (Christie, 1978).

Los metabolitos que nos permiten la evaluación del estado nutricional del animal, se relacionan con el catabolismo del tejido adiposo y por medio de ellos podemos precisar el momento en que el animal recurre a sus reservas para compensar una deficiencia energética (Russel, 1977, 1979, Bowden, 1971). La movilización del tejido adiposo consiste en la hidrólisis de los triglicéridos para la formación de ácidos grasos y glicerol. En igual forma que en los no rumiantes, el paso limitante de la hidrólisis de los triglicéridos lo constituye la conversión de estos en diglicéridos que es catalizada por la lipasa hormona sensible (Bauman, 1976); mientras que la degradación posterior se realiza con la intervención de otras lipasas que se encargan de producir ácidos grasos y glicerol a partir de los diglicéridos (Vernon, 1980). En la Figura 1 se presenta un esquema de la activación de la lipasa hormona sensible a través de adenil-ciclasa. La adenil-ciclasa y fosfodiesterasa intervienen en el control de los niveles de AMPc en el adipocito (Etherton et al., 1977), cuyo incremento activa una proteína cinasa que se encarga de fosforilar a la lipasa hormona sensible (inactiva) para transformarla en su forma activa (Vernon, 1980).

Los ácidos grasos formados como consecuencia de la hidrólisis son transportados a través de la membrana del adipocito a la circulación, donde se asocian íntimamente con la albúmina del plasma que les provee un medio de solubilización para su transporte (Jackson y Winkler, 1970). Esta asociación presenta alta afinidad, por lo cual la unión de otros metabolitos a la albúmina se ve limitada por las modificaciones conformacionales que acompañan su unión con los ácidos grasos (Noble, 1978).

El transporte de los ácidos grasos en la circulación sanguínea está condicionada a la presencia de albúmina con la

FIGURA 1. Modelo de activación de la lipólisis por hormonas o agentes lipolíticos por vía de la adenil-ciclasa.



Vernon (1980)

cual se une para formar los ácidos grasos no esterificados (AGNE), y cuando las relaciones molares de ácidos grasos:albúmina llegan a 4:1 puede existir inhibición de la tasa de lipólisis (Vernon,1980). Este efecto se aprecia en los 10 días posteriores al parto en los que baja la concentración de albúmina en el plasma; aparentemente a causa de una disminución de la síntesis en el hígado (Treacher,1977) y como consecuencia puede presentarse inhibición de la lipólisis (Vernon,1980).

La movilización de los ácidos grasos del tejido adiposo durante un período de ayuno se realiza en forma diferencial; al inicio el ácido palmítico es movilizado más rápidamente que el esteárico y oléico. Como consecuencia de este tipo de movilización, se hace notorio un aumento en las proporciones relativas de oléico en el tejido adiposo en relación a palmítico y esteárico. Por otra parte, podría esperarse un aumento en las concentraciones sanguíneas de palmítico al inicio del ayuno; sin embargo, su mayor tasa de salida del plasma y utilización tisular conduce a que no se manifiesten estas diferencias (Jackson y Winkler,1970).

Los ácidos grasos son utilizados principalmente por el hígado y su remoción es proporcional a sus concentraciones en plasma (Kronfeld,1970;Bell,1980). Los ácidos grasos deben activarse para su metabolismo posterior a nivel de hígado, convirtiéndose primeramente en acil-CoA y su pasaje al interior de la mitocondria lo realizan posteriormente a la union con la carnitina que actúa como transportador (Koundakjian y Snoswell,1970). Los niveles de carnitina presentes en el hígado dependerán del grado de movilización de lípidos y en condiciones de ayuno se han observado aumentos de 4 a 5 veces en su actividad (Snoswell y Henderson, 1980). En las mitocondrias, los ácidos grasos son oxidados

hasta acetil CoA, que en condiciones normales continúa el ciclo de los ácidos tricarboxílicos. Cuando el estado fisiológico del animal (último tercio de gestación y lactancia) condiciona un aumento en las demandas de glucosa, se produce un incremento en la síntesis de cuerpos cetónicos. Van den Berg (1977) considera tres razones que pueden explicar este hecho:

1. La capacidad del ciclo de los ácidos tricarboxílicos para la oxidación de la acetil CoA depende en gran medida de la cantidad de oxaloacetato disponible que se encarga de unirse a la acetil CoA para formar citrato. En animales normales, durante la degradación de glucosa se puede formar oxaloacetato a partir de piruvato por acción de la enzima piruvato carboxilasa; en cambio, en condiciones de hipoglicemia la oxidación de ácidos grasos no incrementa los intermediarios del ciclo de los ácidos tricarboxílicos.

2. Durante la degradación de glucosa, una parte de la acetil CoA formada se destina a la síntesis de ácidos grasos. En esta forma, la acetil CoA es convertida en malonil CoA por medio de la acetil CoA carboxilasa, que posteriormente se condensa con ésteres de acil-CoA alargando la cadena hidrocarbonada. En cambio, la síntesis de ácidos grasos no ocurre en condiciones de movilización del tejido adiposo debido a que la acetil CoA carboxilasa es inhibida por el aumento de los acil-CoA de cadena larga.

3. Cuando se presentan deficiencias de glucosa, el hígado busca mantener la glucostasis utilizando las reservas de glucógeno e incrementando las tasas de síntesis a partir de precursores de glucosa. Un precursor de importancia es el oxaloacetato que se transforma en fosfoenolpiruvato por la acción de la fosfoenolpiruvato carboxilasa. Por lo tanto, en condiciones de gluconeogénesis decrece la capacidad del ciclo de

los ácidos tricarbóxicos.

El glicerol proveniente de la hidrólisis de triglicéridos del tejido adiposo pasa a la circulación sanguínea y es un importante precursor gluconeogénico. Su tasa de recambio aumenta rápidamente en condiciones de ayuno del animal o cetosis hipoglicémica (Bergman, 1968). Con animales en buenas condiciones de alimentación, el 80-90% del glicerol del plasma es removido por el hígado y el resto es consumido a nivel de riñones. El metabolismo del glicerol es similar al del ácido propiónico y en condiciones de hipoglicemia puede formar el 50% de los requerimientos de glucosa (Bergman et al., 1968).

La evaluación del grado de movilización de tejido adiposo en condiciones experimentales puede realizarse por medio de técnicas in vitro e in vivo. La determinación in vitro se realiza comunmente por medio de cortes de tejido (Etherton et al., 1977) o mediante adipocitos aislados por medio de colagenasa (Yang y Baldwin, 1973). Las técnicas in vivo que utilizan mediciones de diferencias arteriovenosas se limitan a estudios en ovinos Sirios de cola grasa (Adrouni y Khachadurian, 1968; Khachadurian et al., 1966) por las dificultades propias a la distribución del tejido; y son más frecuentes las mediciones de la tasa de entrada de metabolitos provenientes del catabolismo del tejido, por medio de dilución isotópica (Annison et al., 1967).

La determinación de las concentraciones de metabolitos en plasma podría utilizarse como índice del catabolismo del tejido adiposo; teniendo en cuenta que la determinación de las concentraciones de un metabolito en sangre es función de varios factores como: tasa de entrada del metabolito a la poza corporal (cuyo origen puede ser exógeno o endógeno), la tasa de utilización por parte de los tejidos y el volumen de fluj

dos en que se encuentra. A pesar de estos factores, se han encontrado correlaciones elevadas y significativas entre las concentraciones de ácidos grasos no esterificados (AGNE) y glicerol en plasma con la tasa de movilización de tejido adiposo (Leat y Ford, 1966; West y Annison, 1964), lo cual indica que pueden utilizarse para evaluar el catabolismo del mismo.

Los lípidos en el plasma del animal están constituidos mayormente por ésteres de colesterol y fosfolípidos, acompañados por pequeñas cantidades de triglicéridos, AGNE y colesterol (Noble, 1978). Si bien los AGNE forman una fracción menor de los lípidos plasmáticos, constituyen una fuente de energía rápidamente disponible debido a su alta tasa de recambio, de aproximadamente 2 minutos (Annison et al., 1967; Leat y Ford, 1966), y su respuesta a los cambios fisiológicos, metabólicos y nutricionales del animal (Noble, 1978)

El consumo de alimento puede modificar en forma marcada la concentración de algunos metabolitos en sangre que se asocian al catabolismo de tejidos. Los trabajos sobre el tema se refieren a animales en situaciones de ayuno o con alimentación restringida. En condiciones de ayuno se han demostrado aumentos en las concentraciones de AGNE (Christie, 1978) y glicerol (Bergman, 1968). Estos incrementos en las concentraciones de metabolitos pueden ser de mayor magnitud en estados fisiológicos de alta demanda y sus efectos tienden a desaparecer luego de que los animales son realimentados (Vernon, 1980).

En situaciones de alimentación restringida se han observado aumentos significativos en las concentraciones de ácidos grasos no esterificados respecto a los grupos control (Patterson et al., 1964; Russel y Doney, 1969; Russel et al., 1967; Russel, 1977). Las concentraciones de AGNE en plasma son indicadoras del grado de movilización del tejido adiposo y Pa

tterson (1963) considera que el catabolismo es importante si se alcanzan concentraciones de 1000  $\mu\text{eq/l}$ . Por otra parte, Russel (1977) indica que en los ovinos los AGNE funcionan adecuadamente como indicadores de subnutrición moderada entre 500 y 1200  $\mu\text{eq/l}$ . En estudios realizados en bovinos no preñados y no lactantes, se han demostrado relaciones muy estrechas entre el status energético del animal y las concentraciones de AGNE (Russel y Wright, 1983), ajustándose una ecuación polinomial de segundo grado:

$$\text{Log}_e \text{AGNE} = 7.82 - 0.062 (E) + 0.00057 (E)^2, \quad r^2 = 0.99***$$

donde: E = consumo de energía (MJ EM/día)

Cuando el estado de subnutrición del animal es muy severo, el comportamiento de los AGNE deja de ser lineal, presentando cambios pequeños en las concentraciones para fluctuaciones amplias en el consumo de energía. Este hecho permite concluir que el valor de los AGNE se ve limitado a la evaluación de situaciones de subnutrición moderada (Russel, 1977). Los estados de subnutrición severa se ven asociados, generalmente, a estados fisiológicos de alta demanda; por lo cual en animales en el último tercio de gestación y lactancia las mediciones de AGNE pueden ser de poco valor cuando se pretenden de la evaluación precisa del estado nutricional.

En animales en gestación tardía y lactancia, las concentraciones de cuerpos cetónicos (acetoacetato y  $\beta$ -hidroxibutirato) parecen tener un mejor comportamiento como forma de evaluar el estado nutricional (Russel, 1977, 1979, 1984); mientras que en condiciones moderadas de subnutrición no funcionan en forma adecuada (Russel y Wright, 1983). Las concentraciones normales de cuerpos cetónicos son menores a 3  $\text{mg/l}$  y niveles mayores son indicadores de subnutrición severa (Russel, 1977).

En ovinos preñados, Russel (1984) señala la siguiente asociación entre las concentraciones de 3-hidroxibutirato y el estado energético de los animales:

$$Y = 0.5272 + 0.1616 e^{-0.02123 x}$$

donde: Y = concentración de 3-hidroxibutirato (mmol/l)  
x = estado energético (KJ EM/kg PV/día)

La ecuación anterior puede transformarse para conocer la suplementación de energía que debe proporcionarse al animal para mantener los niveles de 3-hidroxibutirato con objeto de asegurar un buen comportamiento productivo:

$$z = 0.108 W \log_{10} \left( \frac{P - 0.5272}{Q - 0.5272} \right)$$

donde: z = MJ EM/día requeridos para cambiar las concentraciones de 3-hidroxibutirato a un nivel preestablecido.

P = Concentración de 3-hidroxibutirato en el animal en mmol/día.

Q = Concentraciones preestablecidas como adecuadas:  
1.1 mmol/l en animales experimentales.  
0.8 mmol/l en rebaños comerciales.

W = Peso vivo en kg.

El colesterol es componente del tejido adiposo y su movilidad puede seguir patrones similares a los ácidos grasos no esterificados y glicerol. Watanabe y Watanabe (1981) han observado incrementos en las concentraciones de fosfolípidos, ésteres de colesterol, colesterol y AGNE en caprinos sometidos a ayuno por un período de 12 días; sin embargo, Di Marco et al (1981) no encontraron diferencias significativas en las concentraciones de colesterol en bovinos ayunados durante 9 días y consideraron que el efecto del ayuno en rumiantes no muestra tendencias consistentes en cuanto a las varia

ciones de este metabolito.

#### 2.1.3.2. Parámetros relacionados con el metabolismo de carbohidratos.

En los rumiantes, la mayoría de los carbohidratos de la dieta son fermentados en el rumen hasta ácidos grasos volátiles (acetato, propionato y butirato) y normalmente solo pequeñas cantidades de glucosa son absorbidas en el tracto digestivo. Los ácidos grasos volátiles pasan a la circulación portal a través de la pared ruminal y aportan entre el 60 y 80% de la energía metabolizable que consume el animal (Annison y Armstrong, 1970).

A pesar de las diferencias que existen con los monogástricos a causa de la fermentación ruminal, la glucosa mantiene un rol central en el metabolismo energético y es vital para ciertas funciones del animal (Payne, 1977b). Los requerimientos del animal por glucosa se destinan a: (1) sistema nervioso, (2) crecimiento fetal, (3) síntesis de leche, (4) recambio y síntesis de grasa, y (5) formación de glucógeno en músculo e hígado (Bergman, 1977). El mayor porcentaje de la glucosa se destina a las 3 primeras funciones y los requerimientos para cada una de ellas dependerá del estado fisiológico en que se encuentre el animal.

La glucosa se incorpora en cantidades muy pequeñas a ácidos grasos y glucógeno debido a la muy baja actividad de la enzima glucocinasa (Ballard *et al.*, 1969) y ATP-citratoliasa (Bauman, 1976). Sin embargo, la glucosa interviene de manera importante en la síntesis de lípidos por medio del aporte de poder reductor (NADPH) obtenido por la vía de las pentosas (Ørskov, 1977).

La tasa de recambio de glucosa de los ovinos de 50 kg va-

ría entre 70 y 350 g/día, correspondiendo los valores menores a situaciones de ayuno (Bergman,1977) y los mayores al último tercio de gestación (Bergman,1963) y lactancia (Bergman y Hogue,1967). El incremento de los requerimientos que se asocian a estados fisiológicos se acompañan de modificaciones en la actividad de algunas enzimas que regulan la gluconeogénesis (Lindsay,1970; Smith y Walsh,1982).

Los animales alimentados con forrajes presentan niveles insignificantes de absorción de glucosa (2-8 g/día), mientras que en aquellos cuyas dietas contienen altos niveles de concentrados pueden llegar a 100 g/día (Bergman,1977). La mayor parte de la glucosa requerida por el animal se produce en el hígado (85%), y el resto se sintetiza en los riñones (Bergman et al.,1970,1974).

El proceso de gluconeogénesis tiene como precursores más importantes a propionato, aminoácidos, glicerol y lactato; y todos ellos, excepto el glicerol, son convertidos en glucosa vía el oxaloacetato (Bergman,1973). La participación de cada uno de estos precursores dependerá del aporte proveniente de la dieta. En animales adecuadamente alimentados, el propionato es el precursor más importante y aporta entre el 40 y 50% de la glucosa producida (Bergman,1977); los aminoácidos proveen 10 a 32% (Bergman,1977;Wolf y Bergman,1972), mientras que 5 a 15% es provisto por parte del glicerol y lactato. En animales ayunados por dos o tres días, el aporte que realiza el propionato es insignificante, el glicerol provee entre 23 y 45%, y el resto corresponde a los aminoácidos (Bergman, 1977). El aporte de los aminoácidos a la síntesis de glucosa es de suma importancia y podrían esperarse cambios en la actividad de las transaminasas. Martin et al (1973) encontraron incrementos en la transaminasa glutámico oxalacética (GOT) en situaciones de ayuno prolongado.

La importancia de las funciones de la glucosa en el animal hacen que ésta se encuentre sujeta a un fuerte control homeostático y la ocurrencia de grandes variaciones en su utilización se manifiestan en modificaciones mínimas en su concentración sanguínea. Por esta razón, Russel (1977,1979) considera que la glucosa es un estimador de poco valor cuando se pretende evaluar el estado nutricional del animal.

#### 2.1.3.3. Parámetros relacionados al metabolismo del nitrógeno.

La mayoría de los compuestos nitrogenados de la dieta son degradados por la microflora ruminal y una proporción dependiente del tipo de proteína suministrada puede pasar directamente al tracto digestivo bajo sin sufrir modificaciones. En el rumen, las proteínas son degradadas primeramente hasta aminoácidos, los que tienen una vida corta en el líquido ruminal debido a que son desaminados con formación de amoníaco y cetoácidos. El amoníaco producido puede ser utilizado por la microflora y aproximadamente un 40% de la proteína sintetizada por estos organismos proviene de este compuesto (Payne, 1977b). El metabolismo del nitrógeno en el rumen confiere algunas ventajas a los rumiantes dada la posibilidad de la utilización de fuentes de nitrógeno no proteico y la urea proveniente del reciclaje endógeno.

Los excesos de amoníaco no utilizados en la síntesis de proteína microbiana, así como el proveniente de la desaminación endógena, son detoxificados a nivel hepático con formación de urea. Las funciones de la urea en los rumiantes no se restringen a un simple producto de desecho y las cantidades formadas pueden seguir dos vías alternativas: (1) excreción por vía renal perdiéndose en la orina, o (2) reciclarse por medio de la saliva o a través de la pared ruminal. La urea que circula en sangre presenta correlaciones elevadas con su tasa de entrada y excreción cuando sus concentracio-

nes oscilan entre 0 y 25 mg% (Coccimano y Leng, 1967; Lindsay, 1977). En animales no preñados, no lactantes, y borregos en crecimiento se han encontrado correlaciones elevadas entre el consumo de nitrógeno y las concentraciones de urea plasmática dentro de los límites señalados anteriormente (Preston et al., 1965; McIntyre, 1970; Pfander et al., 1975). Cuando las concentraciones de urea en plasma superan los 25 mg% se activa algún mecanismo renal encargado del mantenimiento de estos niveles (McIntyre, 1970; Sykes, 1977).

El valor de la urea para predecir el estado nutricional de los animales es dependiente de su vida media en plasma que es de pocas horas; lo cual conduce a que pueda ser utilizado cuando se pretende evaluar el cambio en el corto plazo (Sykes, 1977). Herriman y Heitzman (1978) destacan reducciones en las concentraciones de urea en plasma en ovejas no preñadas sometidas a 6 días de ayuno, mientras que en animales preñados no se presentaron variaciones. En cambio, Farrel et al. (1972) en ovinos no preñados sometidos a condiciones de subnutrición en situación de pastoreo, encontraron disminuciones no significativas ( $P > 0.05$ ) en las concentraciones de urea en plasma respecto al control. En vacas lecheras a las que se ofrecieron 75 y 100% de sus requerimientos proteicos se encontraron disminuciones significativas en las concentraciones de urea y hemoglobina en el grupo subnutrido; sin embargo, los animales no presentaron diferencias en cuanto a producción y calidad de leche, lo cual conduce a pensar que las deficiencias fueron compensadas por alteración del metabolismo del nitrógeno (Payne, 1977b).

Las concentraciones plasmáticas de proteínas totales aparecen como una forma de poder evaluar el estado de las reservas corporales del animal, dado que su síntesis compete con la formación de tejido corporal por los aminoácidos que

proviene de la dieta (Sykes, 1977). Las determinaciones de protefna total son comunmente realizadas en humanos, aunque los resultados parecen ser de poco valor como indicadores del consumo de nitrógeno del individuo (Sauberlich et al., 1974). Las fracciones globulina y albúmina pueden presentar variaciones que no se logran detectar cuando se determinan las concentraciones de protefna total, y aparecen como mejores indicadores cuando se pretende determinar el estado nutricional proteico en el largo plazo. En humanos se maneja normalmente la relación albúmina/globulina y sus valores en individuos normales es de 1.0 (Sauberlich et al., 1974). A diferencia de la urea, la vida media de la albúmina en plasma es de 15 a 18 días, lo cual indica que puede ser un índice adecuado para establecer los cambios del estado nutricional en el largo plazo. Durante la gestación las cantidades de albúmina aumentan en un 50%, con objeto de mantener las concentraciones normales en plasma, ya que en este período hay un aumento importante en la cantidad de flúidos corporales (Sykes, 1977) y probablemente esto aumentaría la sensibilidad del metabolito en estos períodos. Little (1974) trabajando con bovinos de leche, estudió los factores que afectan las concentraciones de albúmina durante la lactación y encontró que los niveles medios de albúmina presentan una disminución progresiva al acercarse el momento del parto. Las causas de estos fenómenos observados son explicados por la hemodilución e incremento del volumen sanguíneo en estos períodos, así como una reducción de la síntesis de albúmina en hígado.

El transporte de aminoácidos entre órganos puede ser afectado por la dieta suministrada al animal y se ha observado que se presentan disminuciones en las concentraciones de algunos de ellos durante períodos de ayuno debido a la disminución en el aporte que realiza el sistema portal y una rápida remoción por parte del hígado. Los aminoácidos del ci-

clo de la urea parecen ser los más afectados por el consumo de alimento y en condiciones de ayuno se observan disminuciones en las concentraciones de arginina y citrulina (Bergen, 1978). Otros aminoácidos que se modifican en forma significativa durante el ayuno son glutamina, serina, treonina y tirosina (Bergen, 1978). El triptofano, si bien es un aminoácido esencial, ha recibido poca atención en estudios con rumiantes. Este es el único aminoácido esencial que se une a albúmina y en estudios realizados en ratas Cunningham et al (1975) encontraron que las cantidades que se unen efectivamente son modificadas por la presencia de ácidos grasos no esterificados en plasma. Cuando las relaciones entre AGNE:albúmina llegan a valores de 2:1 se han encontrado correlaciones elevadas entre AGNE y triptofano libre en plasma. Stoner et al (1975) confirman estos estudios al encontrar una correlación no lineal entre las concentraciones de AGNE y el porcentaje de triptofano libre en la circulación.

Davis et al (1982) detectaron correlaciones altamente significativas entre el consumo de forraje y las concentraciones de triptofano total en plasma. Las ecuaciones ajustadas para consumo de materia seca (CMS g/kg PV) y triptofano total en plasma (TRI µg/ml) fueron las siguientes:

$$\text{Borregas secas} \quad \text{TRI} = 0.28 \text{ CMS} + 2.6 \quad ; \quad r = 0.89^{**}$$

$$\text{Borregas preñadas} \quad \text{TRI} = 0.28 \text{ CMS} + 1.1 \quad ; \quad r = 0.80^{**}$$

Las razones de estas relaciones no son explicadas en forma precisa por los autores, pero encontraron que las concentraciones de triptofano total en plasma se relacionaron en forma lineal con el aporte de proteína a nivel de duodeno. Por lo tanto, la asociación encontrada con el consumo parecería estar relacionada con las cantidades de proteína que llegan

al tracto bajo para ser absorbidas.

#### 2.1.3.4. Factores que modifican la concentración de metabolitos en sangre.

##### 2.1.3.4.1. Reacción de alarma del animal.

Las concentraciones de metabolitos en sangre pueden modificarse notoriamente por diversos factores que causan estrés al animal. La reacción de alarma es la primera manifestación del síndrome general de adaptación y tiene lugar dentro de las primeras 48 h de exposición al agente causal de estrés. En este proceso se estimula el sistema nervioso central y por vía simpática se activa la liberación de catecolaminas de las terminaciones nerviosas y de la médula adrenal. Asimismo, el hipotálamo es activado y provoca la secreción de ACTH desde la hipófisis anterior. Estas respuestas del animal al estrés condicionan cambios en las concentraciones de metabolitos en sangre.

Las catecolaminas, epinefrina y norepinefrina, tienen efectos inhibitorios sobre la secreción de insulina y glucagón. En esta forma, la liberación de catecolaminas altera el metabolismo de carbohidratos y en condiciones experimentales se han descrito aumentos en las concentraciones de AGNE (Annisson et al., 1967; Bauman y Davis, 1975; Bergman, 1968; Etherton et al., 1977), glicerol (Bergman, 1968) y estimulación de la producción de glucosa en el hígado (Basset, 1975). Los aumentos en las concentraciones de AGNE son del orden de 1 a 4 veces mayores a los niveles normales (Bauman, 1976).

En animales no adaptados al manejo y muestreo de sangre pueden presentarse problemas derivados del estrés, y como consecuencia se han observado cambios en las concentraciones de AGNE (Mikulec y Taylor, 1965; Patterson, 1963; Slee y Halli

day, 1968) que se explican por la reacción de alarma de animal, manejo en los bretes y efectos de la venopuntura (Lindsay, 1977). La sensibilidad de los diferentes metabolitos para modificarse por situaciones de estrés varía ampliamente y Lindsay (1977) ha propuesto el uso del "tiempo transitorio" que define como el tiempo requerido por un constituyente para cambiar su concentración en un 10% luego de un incremento de 50% en el flujo del mismo. En el Cuadro 1 se presentan los valores encontrados por este autor para algunos constituyentes sanguíneos.

Las temperaturas bajas pueden ser otra causa de estrés que actúa por la misma vía, aumentando la secreción de catecolaminas, corticosteroides y hormonas tiroideas por lo cual se produce un aumento en la oxidación del sustrato (Weekes et al., 1983). Las concentraciones de AGNE se ven incrementadas en animales expuestos al frío (Slee y Halliday, 1968; Patterson et al., 1964). Además, las bajas temperaturas provocan una disminución en la sensibilidad de la insulina a los aumentos en la concentración de glucosa (Sasaki y Takahashi, 1980; Weekes et al., 1983). Por su parte, las temperaturas elevadas pueden también afectar las concentraciones de metabolitos en sangre y se han observado cambios en los niveles de cuerpos cetónicos, AGNE y glucosa en animales expuestos a temperaturas elevadas (Slee y Halliday, 1968).

#### 2.1.3.4.2. Factores asociados a la alimentación.

El aporte externo de nutrientes produce variaciones en la concentración de metabolitos en sangre debido al establecimiento de una relación temporal con el momento de muestreo (Lindsay, 1977). El consumo de alimentos conduce a modificaciones rápidas en las concentraciones de hormonas relacionadas al control del metabolismo de carbohidratos, particular

CUADRO 1. "Tiempo transitorio" para varios constituyentes sanguíneos.

CONSTITUYENTE	TIEMPO TRANSITORIO
Acetato	1 min.
AGNE	2 "
Alanina	3 "
Cuerpos cetónicos	5 "
Lactato	8 "
Glicina	15 "
Glucosa	20 "
Urea	90 "
Esteres de colesterol	20 h
Albúmina	5 d

Lindsay (1977)

mente los cambios en insulina y glucagon son rápidos y muy marcados. La insulina estimula el consumo y utilización de glucosa por parte de los tejidos periféricos, inhibe la gluconeogénesis y producción de glucosa por el hígado, disminuye la proteólisis y lipólisis, e incrementa los procesos de síntesis de proteínas y lípidos (Basset,1975). Los aumentos en las concentraciones de insulina se producen con posterioridad a la alimentación y conducen a un descenso de las concentraciones de AGNE en sangre (Annison,1960; Bauman, 1976; Bauman y Davis,1975), glicerol (Bergman,1968) y glucosa (Brockman,1978; Prior y Christensen,1978a); mientras que son esperables los efectos inversos cuando bajan las concentraciones de insulina (Trenkle,1981). En ovinos, no se han encontrado efectos consistentes de la insulina sobre las concentraciones de aminoácidos en plasma como sucede en los monogástricos (Prior y Chistensen,1978b). El mecanismo de acción de la insulina no está totalmente aclarado y se ha sugerido que su acción puede realizarse a través de un aumento de la actividad de la fosfodiesterasa o disminución de la adenilciclase (Bauman y Davis,1975).

El glucagon controla el metabolismo hepático, acelera la producción de glucosa favoreciendo la gluconeogénesis y glucoólisis, estimula el consumo de aminoácidos en hígado y activa el catabolismo proteico (Basset,1975). Su acción se lleva adelante a través de adenilciclase, lo cual aumenta la concentración de AMPc en hígado.

Otras hormonas como el cortisol y la hormona de crecimiento tienen efectos inhibitorios sobre el metabolismo de la glucosa, antagonizan con la acción de la insulina y contribuyen al aumento de las tasas de lipólisis. El cortisol tiene efectos sobre la producción de glucagon. El rol de los corticosteroides y la hormona del crecimiento en la regula-

ción del metabolismo de los carbohidratos y las variaciones que se presentan al momento de la alimentación no están bien establecidas (Basset, 1975).

#### 2.1.3.4.3. Estado fisiológico del animal.

El estado fisiológico del animal conduce a una readaptación del metabolismo para adecuarse a la nueva situación. En animales en gestación y lactancia se han observado cambios en la concentración de lípidos plasmáticos, especialmente en los AGNE (Christie, 1978; Vernon, 1980) y cuerpos cetónicos (Russel, 1979). Durante el último tercio de gestación se han descrito aumentos de los AGNE en ovinos (Reid y Hinks, 1962), caprinos (Mabon et al., 1982) y bovinos (Russel y Wright, 1983); y durante la lactancia temprana se mantienen los niveles elevados (Bergman y Hogue, 1967; Mabon et al., 1982). La demanda por glucosa durante el último tercio de gestación y lactancia producen una disminución en la concentración de este metabolito y consecuentemente un aumento en la producción de cuerpos cetónicos (Adler y Lotan, 1967).

#### 2.1.3.4.4. Efectos de la dieta.

La cantidad y calidad de la dieta consumida por los rumiantes son los principales factores que afectan la composición y actividad de la microflora del rumen. La relación forraje concentrado modifica los patrones de fermentación ruminal, lo cual conduce a diferencias en los productos finales que son absorbidos o, en casos extremos, a problemas patológicos originados por la dieta (Rook, 1983).

El aumento de concentrado que se proporciona al animal en la dieta conduce a patrones de fermentación propiónica, por lo cual aumentará la cantidad de ácido propiónico absorbido en detrimento del ácido acético, afectándose la disponibili

dad de precursores para la síntesis de grasa (Vernon,1980). Por otra parte, se favorece la síntesis de glucosa y una proporción mayor de esta es destinada al ciclo de las pentosas para la síntesis de  $\text{NADPH}_2$  (Yang y Baldwin,1973).

Las modificaciones en el tipo de dieta pueden incluir variaciones en el aporte de grasas, colesterol y proteínas. Un incremento en el aporte de grasas que llegan al intestino para su absorción conducen a cambios en la tasa de síntesis de grasa y glucosa, se reduce la oxidación de acético, y disminuye la actividad de las enzimas lipogénicas (Vernon,1980). Cuando se aumentan las cantidades de colesterol absorbidas, aumenta la síntesis de esteroides a partir de ácido acético pero las cantidades de colesterol en el tejido adiposo no se alteran (Vernon,1980). El aporte de proteínas puede afectar la partición de nutrientes destinados a los diferentes procesos productivos; esta situación se presenta en ovinos en lactancia temprana en los que los aportes de proteínas conducen a una movilización del tejido adiposo para la síntesis de leche (Kleeman,1983).

La digestibilidad del nitrógeno tiene importancia sobre la cantidad y forma en que es absorbido del tracto digestivo. La utilización de nitrógeno por los microorganismos ruminales está influenciada por la presencia de carbohidratos rápidamente fermentables en la dieta y el aporte energético determinará, además, la cantidad de proteína corporal que es desaminada y dirigida a gluconeogénesis (Sykes,1977). Estas variaciones causadas por la diferencia en composición de las dietas, se manifiestan primariamente en las concentraciones de urea en la circulación y posteriormente pueden tener efectos sobre otros metabolitos relacionados al metabolismo del nitrógeno.

#### 2.1.3.4.5. Otros factores.

Otros factores pueden causar modificaciones en las concentraciones de metabolitos en sangre. Dentro de estos se incluyen raza (Russel y Doney,1969), edad del animal (Leat, 1967), sexo (Vernon,1980) y presencia de parásitos gastrointestinales (Roseby y Leng,1974).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Experimento 1.

El trabajo se realizó en la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo y el objetivo del mismo fue estudiar las posibles relaciones entre las concentraciones de ciertos metabolitos en suero sanguíneo y el hematocrito con el balance de energía (BEN) y de nitrógeno (BN) de los animales experimentales.

##### 3.1.1. Recolección, preparación del forraje y dietas experimentales

Los animales experimentales se sometieron a 3 tratamientos en jaulas metabólicas, caracterizados por las siguientes dietas: (1) forraje solo ad libitum, (2) forraje solo ad libitum + 200 g/animal/día de suplemento II, y (3) forraje solo ad libitum + 25% de suplemento I. En el Cuadro 2 se presenta la composición de los suplementos ofrecidos a los animales experimentales.

El forraje que integró las 3 dietas se cosechó en forma manual, cortando con hoz, en los pastizales de las áreas aledañas al poblado de Río Frío, Edo. México; componiéndose de dos especies sumamente difundidas en el pastizal nativo bajo bosque: Festuca toluensis y Muhlenbergia macroura. Posteriormente al corte se henificó al sol, se molió en molino de martillo usando criba 3/16", se mezcló perfectamente y se almacenó en un local cerrado hasta el momento de suministrarlo a los animales. El contenido de proteína cruda (% N x 6.25) fue de 4.5%.

##### 3.1.2. Animales experimentales.

CUADRO 2. Composición porcentual y contenido de proteína de los suplementos suministrados a los animales experimentales. (Base tal como se ofrece)

INGREDIENTE	SUPLEMENTO I	SUPLEMENTO II
Paja de frijol	--	45
Sorgo molido	50	26
Gallinaza	--	16
Harinolina	50	--
Melaza	--	10
Urea	--	2
Sulfato de amonio	--	1
Proteína cruda (%) (%N x 6.25)	23.6	21.3

Se utilizaron 18 borregos "corrientes"<sup>1/</sup> enteros, menores de un año de edad, con pesos entre 16 y 20 kg, adquiridos a productores del área de Río Frío. Previo al inicio de la prueba todos los animales fueron desparasitados con Valbazen, inyectados con Vigantol-E, según las dosis recomendadas por los fabricantes de estos productos, y se sometieron a un régimen de buena alimentación durante 30 días con el objeto de eliminar posibles diferencias en condición corporal. Finalizado este período, los animales se pesaron durante 3 días consecutivos con un ayuno previo de 12 h para obtener el peso vivo inicial. Posteriormente los animales fueron estratificados de acuerdo al peso vivo inicial y se asignaron aleatoriamente a los tratamientos de alimentación de acuerdo a un diseño completamente al azar con 6 repeticiones. La duración del período experimental fue de 71 días, procediéndose a la toma de datos para la medición de consumo y digestibilidad entre los días 24-33 (primer período) y 59-67 (segundo período). Al final de cada período de recolección de información los animales fueron pesados de acuerdo al mismo procedimiento descrito para la determinación del peso vivo inicial.

### 3.1.3. Rutina de trabajo

Los animales experimentales fueron adaptados a sus respectivas dietas durante un período de 23 días; realizando el muestreo inicial de sangre durante los últimos dos días del mismo. El muestreo se realizó mediante punción de yugular a las 8.00 y 17.00 h; 8.00, 12.00 y 17.00 h para el primer y segundo día, respectivamente. Las muestras obtenidas fueron analizadas para la determinación de colesterol, AGNE, urea, glucosa, albúmina, creatinina, proteína total, GOT y hematocrito, de acuerdo a las técnicas que se describen en el punto 3.1.4. Los valores obtenidos para los parámetros estudiados en los muestreos de 8.00 y 17.00 h en los dos días fueron promediados para los análisis estadísticos.

<sup>1/</sup> Ovinos que no pertenecen a una raza definida y han resultado de cruzamientos aleatorios de animales criollos con razas puras

La determinación de consumo y digestibilidad in vivo se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Harris (1970) con ligeras modificaciones. El forraje se ofreció en 3 ocasiones diarias (8.00, 12.00 y 17.00 h) permitiendo rechazos mayores al 5% del total consumido. Previo al suministro del forraje, los animales en los tratamientos (2) y (3) recibían los suplementos I y II, respectivamente, de acuerdo a las especificaciones de cada dieta experimental. En cada uno de los períodos de colección se recogieron muestras de forraje y de los suplementos ofrecidos; y se recolectó, en forma individual, la totalidad del alimento rechazado cada día, conservándose en bolsas plásticas perfectamente cerradas e identificadas. Los animales disponían de sales minerales (Rumisal<sup>2/</sup>) a libre acceso y recibían agua 3 veces al día durante 15 minutos en cada oportunidad.

Cinco días antes del inicio de cada colección en ambos períodos, se colocaron a los animales bolsas de recolección de heces, sujetas mediante arnés. Durante la toma de datos, se recogieron las heces excretadas por cada animal diariamente, las cuales fueron conservadas en bolsas plásticas cerradas e identificadas, que se almacenaron en cámara fría a 5°C hasta finalizar el experimento.

En el primer período de colección las jaulas fueron equipadas para la obtención total de orina, usando cubetas que contenían 200 ml de ácido clorhídrico diluido al 20% de acuerdo a la recomendaciones de Harris (1970). Diariamente se procedió a la recolección de orina a las 7.00 h, midiendo el total excretado y conservando una alícuota del 20% en refrigeración para la determinación posterior de nitrógeno excretado (AOAC, 1975).

Finalizado cada período de colección se prepararon mues-

2/ En cada kg contiene: Calcio, 130g; fósforo, 50g; sodio, 109g; cloro, 200g; hierro, 4.3g; azufre, 3.0g; magnesio, 3.33g; manganeso, 200 mg; cobre, 80mg; cobalto, 66.6mg; yodo, 4mg; zinc, 80mg.

Finalizado cada período de colección se prepararon las muestras compuestas del alimento rechazado y heces excretadas por el animal, las cuales fueron secadas a 55°C hasta peso constante permitiendo el equilibrio con la humedad ambiente. Posteriormente fueron molidas en un molino "Willey" usando malla de 1 mm y se determinaron los contenidos de nitrógeno y cenizas de acuerdo a la metodología seguida por el AOAC (1975), corrigiendo los resultados por el contenido de humedad de las muestras secadas a 105°C. Los valores obtenidos de los análisis de alimento, heces y orina, fueron utilizados para calcular los consumos de materia seca, materia orgánica y materia orgánica digestible; las digestibilidades de la materia seca, materia orgánica y nitrógeno; y los balances de nitrógeno y energía. El balance de energía se estimó por medio de la conversión de la materia orgánica digestible a energía digestible ( $\text{Kg de MOD} \times 4.62 \text{ Mcal ED/Kg MOD, NRC, 1981}$ ) y esta última a energía metabolizable ( $\text{ED} \times 0.82$ ; NRC, 1981). Posteriormente, los requerimientos de energía metabolizable (Mcal/día) para los animales se estimaron de acuerdo a la ecuación propuesta por el NRC (1975). Con la información obtenida se realizaron los cálculos de balance por medio de la relación entre el consumo y los requerimientos de energía de energía metabolizable,

Terminado el segundo período de colección de heces y orina, se procedió a muestrear sangre de todos los animales experimentales en la misma forma señalada para el primer período, aunque solo se realizó un día y en el momento previo a la alimentación (8.00 h).

#### 3.1.4. Manejo de las muestras y análisis de laboratorio.

En cada muestreo de sangre se obtuvo una pequeña cantidad de muestra de cada animal usando anticoagulante (EDTA) para

las determinaciones de hematocrito, y en tubos colectores sin preservador una segunda muestra para la obtención posterior de suero. Realizado el muestreo los tubos fueron trasladados inmediatamente al laboratorio donde se procedió a determinar el hematocrito y centrifugar los tubos para la obtención de suero. La centrifugación se realizó a 3000 rpm (equivalente a 700 G) durante 20 minutos y los sueros se congelaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis.

Las determinaciones de química sanguínea se realizaron siguiendo las técnicas que se detallan a continuación:

**Colesterol.** Se determinó de acuerdo a la técnica descrita por Zack et al (1954).

**Albumina.** Se realizó con el MERKOTEST 15807 siguiendo las instrucciones descritas por el fabricante, que utiliza verde de bromocresol como colorante (Bartholomew y Delaney, 1964).

**Proteína total.** Se realizó con el MERKOTEST 15807 que utiliza la reacción del biuret para medir la concentración presente en la muestra (Gornall et al, 1949).

**Acidos grasos no esterificados.** Se determinaron usando la técnica de Duncombe (1964) con ligeras modificaciones. El reactivo de cobre se preparó de acuerdo a las especificaciones de la técnica original y posteriormente se ajustó el pH a 7.9 por medio de una solución de trietanolamina 1 M.

Se utilizaron tubos de centrifuga de 10 ml con tapón de rosca, a los cuales se agregó 1 ml de reactivo de cobre en todos los casos. En los tubos correspondientes a los problemas y patrones se adicionaron 2 ml de cloroformo grado reactivo, y 0.2 ml de suero o agua destilada, respectivamente. Los patrones se prepararon agregando 2 ml de solución diluif

da de ácido palmítico (0.2  $\mu$ eq/ml) y 0.2 ml de agua destilada. Los patrones, problemas y blancos se agitaron fuertemente en un ciclo-mixer durante 2 minutos, centrifugándose posteriormente a 5000 rpm (1200 G) por 5 minutos. La fase clorofórmica se extrajo de acuerdo a las especificaciones de la técnica original, pasando 1 ml de la misma a tubos secos y limpios a los cuales se adicionó 0.2 ml de una solución de dietiocarbamato. Las absorbancias de patrones y problemas se midieron a 440 nm.

**Triptofano.** Se determinó de acuerdo a la técnica manual descrita por Gaitonde et al (1979) para triptofano total, utilizando 0.1 ml de suero tratado con 2 ml de ácido tricloroacético al 5% (p/v) enfriado en hielo. La muestra desproteinizada se centrifugó a 3000 rpm (700 G) durante 10 minutos y posteriormente 1 ml del sobrenadante fue transferido a tubos secos y limpios. El procesamiento posterior y las mediciones se realizaron de acuerdo a la técnica original.

**Urea.** Las determinaciones se realizaron usando el MERKOFEST 3341, de acuerdo a las indicaciones señaladas por el fabricante para la técnica que incluye desproteinización previa. (Fawcett y Scott, 1960).

**Creatinina.** Se determinó de acuerdo a la técnica de Bonsnes y Tausky (1945). Los patrones y problemas se midieron en espectrofotómetro a 540 nm.

**Glucosa.** Se realizó usando la técnica de ortotoluidina descrita por Dobowski (1962). Los patrones y problemas se midieron en espectrofotómetro a 630 nm.

**GOT (Transaminasa glutámico oxalacética).** Las determinaciones se realizaron por medio de la técnica descrita por

Reitman y Frankel (1957). Los patrones y problemas se midieron en espectrofotómetro a 540 nm.

Hematocrito: se determinó en muestras de sangre completa conservada con EDTA de acuerdo a la técnica descrita por Archer (1965).

### 3.2. Experimento 2.

En este experimento se estudiaron los constituyentes sanguíneos de ovinos en crecimiento en régimen de pastoreo en un pastizal nativo bajo bosque, sometido a diferentes cargas por ha, y se relacionaron con las ganancias de peso logradas por los animales.

#### 3.2.1. Descripción del experimento.

La fase experimental se realizó en el paraje denominado "Tlamalínco" perteneciente al ejido de San Martín Cuautlalpan en el área de bosque templado frfo. La vegetación predominante corresponde a bosque de pino (Pinus hartwegii), y el pastizal bajo bosque presenta predominancia de Muhlebergia macroura, Festuca tolucensis, Brachypodium mexicanum, Stipa ichu y Bromus anomalus.

En el área experimental se realizó un trabajo de investigación por parte del Ing. I. Tovar L. de la Universidad Autónoma Chapingo, cuyo objetivo era estudiar el efecto de la carga animal sobre el valor nutritivo del forraje disponible y seleccionado por ovinos y bovinos en pastoreo, y la ganancia de peso por animal y por ha. El área experimental se integró por 5 parcelas de distinto tamaño (1, 1.25, 1.75, 2.25 y 2.75 ha) distribuidas de acuerdo a diseño en bloques al azar con 3 repeticiones. El experimento se realizó por un período de 3 meses con 3 becerros y 4 ovinos por parcela.

Como complemento a este trabajo, los ovinos en pastoreo fueron muestreados para la obtención de sangre al terminar el experimento citado. Los componentes sanguíneos determinados se relacionaron con las ganancias de peso del último mes de pastoreo que se lograron en el experimento (Tovar,

1985, comunicación personal).

El muestreo de sangre se realizó en 33 ovinos y el día previo al mismo los animales fueron retirados del pastoreo, colocándose en corrales de forma de asegurar un ayuno previo de 12 horas. Las muestras de sangre se colectaron en las primeras horas de la mañana, procediendo de igual forma a la indicada en el primer experimento. Los sueros obtenidos fueron analizados para la determinación de glucosa, proteínas totales, albúmina, GOT, creatinina, ácidos grasos no estiricados y triptofano; de acuerdo a la metodología descrita para el experimento 1.

### 3.3. Experimento 3.

El objetivo de esta etapa del trabajo fue conocer las concentraciones de algunos metabolitos en sangre de ovinos pertenecientes a un rebaño comercial cuyos integrantes se en-contraban en diferentes estados fisiológicos: no preñadas y no lactantes, gestantes en último tercio y en lactancia; y relacionar las concentraciones de metabolitos en sangre previo al parto con el peso al nacer de los corderos.

#### 3.3.1. Descripción del área y manejo de los animales.

El trabajo se realizó en un rebaño comercial del área de Río Frío, cuya alimentación depende del pastoreo en pasti-zal nativo bajo bosque. Diariamente los animales son condu-cidos por pastores desde el aprisco a las áreas de pastoreo, permaneciendo aproximadamente 8 horas para luego regresar al ejido. Las condiciones climáticas rigurosas y las lar-gas recorridas del rebaño en pendientes pronunciadas hasta los sitios de pastoreo tienen como consecuencia un aumento importante de los requerimientos del animal (Orcasberro y Fernández, 1982). Las condiciones de alimentación, la inexis-tencia de un programa sanitario y la sobreposición de la época de parición de los rebaños con el inicio del período de baja disponibilidad y calidad del forraje, ocasionan que las ovejas lleguen al parto en mala condición corporal, los corderos presenten bajos pesos al nacer y existan altas pér-didas por mortalidad perinatal.

#### 3.3.2. Procedimiento experimental.

Se seleccionaron 25 hembras del rebaño, de las cuales 8 parieron con posterioridad al primer muestreo de sangre, 8 se encontraron en lactancia temprana y 9 fueron no preña-

das y no lactantes. Todos los animales fueron pesados al inicio del experimento y se estimó su edad por medio de la dentición. Los corderos nacidos durante el período de registros se pesaron en las primeras horas de la mañana del día de su nacimiento. Durante el período de trabajo se procedió al muestreo de sangre en dos oportunidades (19/1/84 y 5/3/84), realizando el mismo en igual forma que la señalada para el experimento 1. Los muestreos se realizaron en las primeras horas de la mañana, antes de que los animales se dirigieran a las áreas de pastoreo. En las muestras obtenidas se determinaron las concentraciones de albúmina, AGNE y triptofano, utilizando las técnicas descritas en el primer experimento.

#### 3.4. Análisis estadístico.

Los resultados obtenidos para los 3 experimentos fueron analizados mediante regresión simple y múltiple utilizando el paquete estadístico SAS (Barr et al., 1976). En estos análisis las variables explicativas correspondieron a los valores de los componentes medidos en sangre; mientras que las variables de respuesta fueron balance de energía (BEN) y balance de nitrógeno (BN) para el primer experimento, ganancia de peso (GP) para el segundo, y peso de los corderos al nacer (PN) para el tercero.

Las diferencias entre las medias para los diferentes tratamientos del primer y segundo experimento fueron analizadas por medio de la prueba de "t" (Snedecor y Cockran, 1981).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1. Experimento 1.

##### 4.1.1. Relaciones entre los componentes sanguíneos y el balance energético y nitrogenado en distintas horas de muestreo.

En el Cuadro 3 se presenta un resumen de los valores promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estandar (d.e.) para la información de consumos de materia orgánica (CMO), materia seca (CMS), materia orgánica por unidad de peso metabólico ( $CMO/PV^{0.75}$ ), materia orgánica digestible por unidad de peso metabólico ( $CMOD/PV^{0.75}$ ) y nitrógeno (CN), digestibilidades de la materia seca (DMS), materia orgánica (DMO) y nitrógeno (DN), balances de energía (BEN) y nitrógeno (BN), para la primera etapa de recolección de muestras del experimento. Las diferencias en consumo y digestibilidad registradas, se reflejaron en variaciones en el balance de energía y nitrógeno de los animales experimentales. El balance energético presentó valores medios de 0.75, 1.03 y 1.37 respecto a las necesidades de mantenimiento, mientras que el balance de nitrógeno fue de -0.63, 0.62 y 1.95 g/día para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente.

Las diferencias que se establecieron en cuanto a la situación nutricional para los animales en los diferentes tratamientos, se reflejaron en variaciones de las concentraciones de los componentes sanguíneos. En el Cuadro 4 se presentan los valores medios ( $\bar{x}$ ) y desviación estandar (d.e) de los componentes sanguíneos que se determinaron durante la primera etapa de este experimento. Las concentraciones medias de triptofano total en suero presentaron un estrecho paralelismo con el balance energético, aunque no se detectaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre las medias de los mismos.

CUADRO 3. Resumen de la información obtenida durante el primer periodo del experimento ( $\bar{x} \pm$  d.e.)

PARAMETRO	T R A T A M I E N T O		
	1 (n=6)	2 (n=6)	3 (n=6)
CMS (g/día)	395 $\pm$ 97	479 $\pm$ 150	675 $\pm$ 243
CMO (g/día)	356 $\pm$ 87	461 $\pm$ 143	630 $\pm$ 218
CMO/PV <sup>.75</sup> (g/día)	42 $\pm$ 8	54 $\pm$ 15	72 $\pm$ 19
CMOD/PV <sup>.75</sup> (g/día)	19 $\pm$ 4	27 $\pm$ 7	35 $\pm$ 9
CN (g/día)	2.97 $\pm$ 0.65	7.92 $\pm$ 2.14	9.95 $\pm$ 3.53
DMS (%)	41.40 $\pm$ 3.20	46.60 $\pm$ 3.10	44.90 $\pm$ 2.50
DMO (%)	46.30 $\pm$ 2.80	50.30 $\pm$ 3.40	49.60 $\pm$ 2.60
DN (%)	28.40 $\pm$ 8.50	59.20 $\pm$ 4.10	55.10 $\pm$ 1.00
BEN	0.75 $\pm$ 0.15	1.03 $\pm$ 0.26	1.37 $\pm$ 0.34
BN (g/día)	-0.63 $\pm$ 0.28	0.62 $\pm$ 1.45	1.91 $\pm$ 1.01

CUADRO 4. Valores de las variables ( $\bar{x} \pm$  d.e) medidas en sangre para los tres tratamientos en diferentes horas de muestreo en el primer periodo del experimento.

COMPONENTE	Hora de muestreo	TRATAMIENTO					
		1 (n=6)		2 (n=6)		3 (n=6)	
Triptofano µg/ml	8.00	6.52	+ 1.15 <sup>a</sup> <sup>1/</sup>	6.72	+ 2.67 <sup>a</sup>	8.42	+ 2.73 <sup>a</sup>
	12.00	6.67	+ 1.38 <sup>a</sup>	7.13	+ 3.40 <sup>a</sup>	9.08	+ 3.82 <sup>a</sup>
	17.00	5.55	+ 1.04 <sup>a</sup>	5.90	+ 3.06 <sup>a</sup>	8.02	+ 3.32 <sup>a</sup>
AGNE µeq/l	8.00	432	+ 129 <sup>a</sup>	164	+ 64 <sup>b</sup>	152	+ 58 <sup>b</sup>
	12.00	488	+ 249 <sup>a</sup>	142	+ 29 <sup>b</sup>	172	+ 56 <sup>b</sup>
	17.00	432	+ 113 <sup>a</sup>	159	+ 74 <sup>b</sup>	200	+ 48 <sup>b</sup>
Colesterol mg/100ml	8.00	82	+ 19 <sup>a</sup>	53	+ 6 <sup>b</sup>	78	+ 15 <sup>a</sup>
	12.00	68	+ 18 <sup>a</sup>	42	+ 11 <sup>a</sup>	66	+ 21 <sup>a</sup>
	17.00	83	+ 17 <sup>a</sup>	58	+ 9 <sup>b</sup>	81	+ 15 <sup>a</sup>
Glucosa mg/100ml	8.00	63.7	+ 7.03 <sup>a</sup>	58.0	+ 4.20 <sup>b</sup>	61.0	+ 6.49 <sup>ab</sup>
	12.00	59.2	+ 4.79 <sup>ab</sup>	53.0	+ 8.26 <sup>a</sup>	64.0	+ 10.40 <sup>b</sup>
	17.00	57.3	+ 6.02 <sup>a</sup>	58.0	+ 7.34 <sup>a</sup>	60.0	+ 4.80 <sup>a</sup>
Albumina g/100ml	8.00	4.75	+ 0.37 <sup>a</sup>	4.57	+ 0.66 <sup>a</sup>	4.46	+ 0.55 <sup>a</sup>
	12.00	3.98	+ 1.20 <sup>a</sup>	4.22	+ 1.32 <sup>a</sup>	4.02	+ 0.97 <sup>a</sup>
	17.00	4.13	+ 0.24 <sup>a</sup>	3.83	+ 0.56 <sup>a</sup>	4.40	+ 0.64 <sup>b</sup>
Proteína g/100ml	8.00	5.45	+ 0.31 <sup>a</sup>	5.48	+ 0.84 <sup>ab</sup>	5.74	+ 0.31 <sup>b</sup>
	12.00	5.66	+ 0.72 <sup>a</sup>	5.35	+ 0.96 <sup>a</sup>	5.86	+ 0.14 <sup>a</sup>
	17.00	5.91	+ 0.49 <sup>a</sup>	5.83	+ 0.75 <sup>a</sup>	6.16	+ 0.45 <sup>b</sup>
Urea mg/100ml	8.00	16.2	+ 9.3 <sup>a</sup>	28.2	+ 5.8 <sup>b</sup>	27.8	+ 3.6 <sup>b</sup>
	12.00	21.6	+ 14.1 <sup>a</sup>	32.8	+ 13.2 <sup>b</sup>	36.6	+ 9.8 <sup>b</sup>
	17.00	21.3	+ 9.2 <sup>a</sup>	45.9	+ 12.7 <sup>b</sup>	32.9	+ 5.0 <sup>b</sup>
Creatinina mg/100ml	8.00	0.80	+ 0.09 <sup>a</sup>	0.79	+ 0.09 <sup>a</sup>	0.74	+ 0.10 <sup>a</sup>
	12.00	0.81	+ 0.14 <sup>a</sup>	0.77	+ 0.26 <sup>a</sup>	0.66	+ 0.14 <sup>a</sup>
	17.00	0.78	+ 0.12 <sup>a</sup>	0.73	+ 0.09 <sup>a</sup>	0.66	+ 0.07 <sup>a</sup>
Hematocrito	8.00	41	+ 8.4 <sup>a</sup>	36	+ 9.8 <sup>a</sup>	38	+ 3.1 <sup>a</sup>
	12.00	36	+ 6.6 <sup>a</sup>	31	+ 8.2 <sup>a</sup>	34	+ 2.2 <sup>a</sup>
	17.00	36	+ 6.6 <sup>a</sup>	32	+ 8.4 <sup>a</sup>	35	+ 2.7 <sup>a</sup>
GOT unidades	8.00	44.6	+ 10.9 <sup>a</sup>	51.0	+ 5.2 <sup>a</sup>	51.5	+ 20.9 <sup>a</sup>
	12.00	46.0	+ 17.0 <sup>a</sup>	40.6	+ 13.6 <sup>a</sup>	38.8	+ 14.3 <sup>a</sup>
	17.00	51.8	+ 7.2 <sup>a</sup>	55.3	+ 7.8 <sup>a</sup>	45.5	+ 12.2 <sup>a</sup>

1/ Los valores con diferente letra dentro de filas difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

Las concentraciones medias de AGNE en los diferentes tratamientos variaron con el balance de energía en el muestreo de las 8.00 h, y se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre el tratamiento 1 y los restantes tratamientos ( $T_2$  y  $T_3$ ) que presentaron balances de energía positivos. La ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos que presentaron balances positivos puede explicarse por que la relación existente entre las concentraciones de AGNE y balance de energía tiende a ser asintótica en los rangos de balance positivos (Russel y Wright, 1983; Bell, 1980).

Las concentraciones de colesterol no presentaron asociación al comparar sus medias con el balance de energía para los diferentes tratamientos; aunque se apreció un efecto notorio de tratamientos sobre las concentraciones de este metabolito que para el tratamiento 2 se manifestó en reducciones significativas ( $P < 0.05$ ) en los niveles sanguíneos en los muestreos de 8.00 y 17.00 h. Las reducciones observadas pueden deberse a las diferencias en el contenido de proteína de las dietas (Hamilton y Carrol, 1976) o de fibra que conduce a un aumento de la producción de ácidos biliares, cuyo precursor es el colesterol (Van Soest, 1982).

Los restantes parámetros estudiados en sangre como glucosa, albúmina, proteína, urea, creatinina, hematocrito y GOT, no presentaron un comportamiento resaltable en la explicación del balance de energía de los animales. Las tendencias observadas en la urea, proteína y albúmina probablemente se relacionen más adecuadamente con el balance de nitrógeno como han sugerido otros autores (Sykes, 1977; Treacher, 1977; Preston *et al.*, 1965).

En el Cuadro 5 se presentan las correlaciones encontradas entre el balance de energía y los valores de los componentes

CUADRO 5. Correlaciones entre balance de energía y metabolitos en sangre, y sus relaciones naturales y logarítmicas en distintas horas de muestreo (n=18).

PARAMETRO	HORA DE MUESTREO		
	8.00 (n=18)	12.00 (n=18)	17.00 (n=18)
AGNE $\mu$ eq/l	-0.63** <sup>1/</sup>	-0.41 <sup>ns</sup>	-0.66**
Triptofano $\mu$ g/ml	0.64**	0.61**	0.61**
Coolesterol mg/100 ml	-0.13 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>
Urea mg/100 ml	0.13 <sup>ns</sup>	0.47*	0.17 <sup>ns</sup>
Albúmina g/100 ml	0.17 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.53*
Creatinina mg/100 ml	-0.38 <sup>ns</sup>	-0.21 <sup>ns</sup>	-0.49*
Glucosa mg/100 ml	-0.40 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>
GOT unidades	0.06 <sup>ns</sup>	-0.06 <sup>ns</sup>	0.20 <sup>ns</sup>
Hematocrito %	-0.07 <sup>ns</sup>	-0.14 <sup>ns</sup>	-0.19 <sup>ns</sup>
AGNE/triptofano	-0.66**	-0.37 <sup>ns</sup>	-0.66**
Log AGNE/triptofano	-0.72**	-0.50*	-0.72**
Urea/creatinina	0.55*	0.66**	0.35 <sup>ns</sup>

<sup>1/</sup> Nivel de significancia: ns (P>0.05); \* (P<0.05); \*\* (P<0.01).

sanguíneos estudiados. Las concentraciones de AGNE presentaron co relaciones negativas y altamente significativas ( $P < 0.01$ ) con el balance de energía en las muestras obtenidas a las 8.00 ( $r = -0.63$ ) y 17.00 h ( $r = -0.66$ ), siendo no significativas para el muestreo de las 12.00 h ( $P > 0.05$ ). Estos resultados confirman la importancia de los AGNE en la determinación del status energético de los animales experimentales y concuerda con lo descrito por varios autores (Russel, 1977, 1979, 1984, Russel y Wright, 1983; Paterson, 1963; Bowden, 1971).

Las correlaciones entre triptofano total y balance energético fueron positivas y altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para los muestreos de 8.00 ( $r = 0.64$ ), 12.00 ( $r = 0.61$ ) y 17.00 h ( $r = 0.61$ ). La información disponible en la literatura sobre triptofano en rumiantes es escasa, pero los resultados de este experimento son coincidentes con el trabajo de Davis et al (1982) quienes encontraron una estrecha relación entre las concentraciones de triptofano total en plasma y el consumo de materia seca de ovinos en condiciones de pastoreo. En este trabajo se estudiaron las relaciones entre la concentración de triptofano en suero y el consumo de materia orgánica de los animales experimentales; y se encontraron correlaciones positivas y altamente significativas ( $P < 0.01$ ) con el consumo de materia orgánica (CMO) para los muestreos de 8.00 ( $r = 0.78$ ), 12.00 ( $r = 0.71$ ) y 17.00 h ( $r = 0.77$ ). Con los valores encontrados para triptofano total en suero y consumo de materia orgánica se ajustó una ecuación lineal explicativa de las concentraciones sanguíneas de este metabolito:

$$\text{Log Triptofano} = 1.12 + 0.002 (\text{CMO})$$

$$r^2 = 0.57^{**}$$

La información confirma la estrecha relación entre triptofano total en suero y el balance de energía que es independiente del momento en que se realice el muestreo de sangre.

Sin embargo, no pueden considerarse en forma definitiva debido a que también se encontró una estrecha correlación entre BEN y BN para este experimento ( $r=0.92$ ).

Las concentraciones de colesterol no presentaron correlaciones significativas ( $P>0.05$ ) con el balance de energía en las distintas horas de muestreo. Como se mencionó anteriormente, este parámetro parece estar fuertemente influenciado por el tipo de dieta suministrada, y por esta causa se estudiaron las asociaciones existentes entre las concentraciones de colesterol y el balance de energía dentro de los tratamientos. Se encontraron correlaciones altamente significativas ( $P<0.01$ ) entre colesterol y balance de energía para los animales alimentados con forraje solo ( $T_1$ ) para los muestreos de 8.00 ( $r=-0.87$ ) y 17.00 h ( $r=-0.74$ ), mientras que fueron no significativas ( $P>0.05$ ) para el muestreo de las 12.00 h. En los tratamientos con suplemento ( $T_2$  y  $T_3$ ) no se encontraron correlaciones significativas ( $P>0.05$ ) entre las concentraciones de colesterol y el balance de energía en las distintas horas de muestreo. Por lo tanto, se requiere de mayor información sobre el comportamiento del colesterol para animales alimentados en condiciones de pastoreo para determinar si las tendencias observadas son consistentes.

En algunas horas de muestreo se encontraron correlaciones significativas ( $P<0.05$ ) para urea (12.00 h,  $r=0.47$ ), albúmina (17.00,  $r=0.57$ ) y creatinina (17.00 h,  $r=-0.49$ ); mientras que el hematocrito y las concentraciones de glucosa, proteína y GOT no presentaron correlaciones significativas ( $P>0.05$ ) con el balance de energía en las distintas horas de muestreo.

Por otra parte, se estudiaron algunas relaciones entre los componentes sanguíneos estudiados en su forma natural y logarítmica para conocer sus correlaciones con el balance de ener

gía. La relación log (AGNE/triptofano) presentó correlaciones negativas y altamente significativas ( $P < 0.01$ ) con el balance de energía en los muestreos de las 8.00 ( $r = -0.72$ ) y 17.00 h ( $r = -0.72$ ), y significativas ( $P < 0.05$ ) en el muestreo de las 12.00 h. La relación urea/creatinina que normalmente es medida en orina en humanos (Sauberlich et al., 1974) y ha sido propuesta por Butchner y Harris (1957) para rumiantes en la evaluación del estado nutricional, presentó en suero correlaciones positivas y altamente significativas ( $P < 0.01$ ) en el muestreo de las 12.00 h ( $r = 0.66$ ), significativas ( $P < 0.05$ ) en el muestreo de las 8.00 h ( $r = 0.55$ ), y no significativas ( $P > 0.05$ ) en el muestreo de las 17.00 h. Los resultados confirman lo expresado por Sauberlich et al. (1974) de que las relaciones entre parámetros sanguíneos pueden amplificar los valores de las correlaciones obtenidas para cada metabolito en forma individual.

Las concentraciones de AGNE, triptofano y las relaciones entre estos en su forma natural y logarítmica, fueron los parámetros que mejor explicaron las variaciones en el balance de energía de los animales de este experimento. Las concentraciones de AGNE y triptofano total no mostraron correlaciones significativas ( $P > 0.05$ ) entre sí en las distintas horas de muestreo, lo cual coincide con la información existente en ratas (Stoner et al., 1975) para estos metabolitos. Las concentraciones de AGNE presentaron correlaciones positivas y significativas ( $P < 0.05$ ) con los niveles de colesterol en suero, lo cual indicaría una asociación de estos metabolitos a través de la lipólisis que ha sido sugerida por Cockrem (1979).

Los componentes sanguíneos y las relaciones entre los mismos que presentaron mejores asociaciones con el balance energético, se incluyeron en ecuaciones lineales y cuadráticas para una variable, y multivariadas para 2 o 3 variables. Las ecuaciones que mejor explicaron el comportamiento del balan

ce de energía en el primer período del experimento fueron las siguientes:

$$\begin{array}{ll} 8.00 \text{ h} & \text{BEN} = 0.074 (\text{TRI}) - 0.001 (\text{AGNE}) ; r^2=0.61 \\ 17.00 \text{ h} & \text{BEN} = 0.061 (\text{TRI}) - 0.001 (\text{AGNE}) ; r^2=0.64 \end{array}$$

Las ecuaciones ajustadas para el muestreo de las 12.00 h no presentaron estimadores significativos ( $P > 0.05$ ) para los coeficientes de las mismas. Lo anterior confirma la importancia del momento de muestreo cuando se utilizan metabolitos sanguíneos como predictores del status energético del animal y por cuestiones de manejo a las que son sometidos los animales el muestreo de las 8.00 h parece ser el más adecuado.

En el Cuadro 6 se presentan las correlaciones encontradas entre los constituyentes sanguíneos y el balance de nitrógeno en el primer período del experimento. Las concentraciones de triptofano total en suero presentaron correlaciones positivas y altamente significativas ( $P < 0.01$ ) con el balance de nitrógeno en los muestreos de 8.00 ( $r=0.64$ ) y 12.00 h ( $r=0.62$ ), y significativas ( $P < 0.05$ ) para el muestreo de las 17.00 h ( $r=0.59$ ). Estos resultados concuerdan con lo sugerido por Davis et al (1982) de que las concentraciones plasmáticas de triptofano total se relacionan estrechamente con las cantidades de proteína que llegan al intestino para ser absorbidas. En este experimento se aprecia una estrecha relación entre las concentraciones de triptofano en suero y el balance de nitrógeno de los animales experimentales.

La urea que normalmente es considerada como el principal indicador del status proteico del animal en el corto plazo (Sykes, 1977), presentó correlaciones altamente significativas ( $P < 0.01$ ) con el balance de nitrógeno en el muestreo de las 12.00 h ( $r=0.68$ ), y no significativas ( $P > 0.05$ ) para los muestreos

**CUADRO 6. Correlaciones entre las concentraciones de los constituyentes sanguíneos y el balance de nitrógeno.**

COMPONENTE	H O R A   D E   M U E S T R E O		
	8.00 (n=18)	12.00 (n=18)	17.00 (n=18)
Triptofano µg/ml	0.64** <sup>1/</sup>	0.62**	0.59*
Urea mg/100 ml	0.35	0.68**	0.14 <sup>ns</sup>
AGNE µeq/l	-0.64**	-0.44 <sup>ns</sup>	-0.59**
Proteína g/100 ml	0.52*	0.24 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>
Albumina g/100 ml	0.25 <sup>ns</sup>	-0.06 <sup>ns</sup>	0.54*
Creatinina mg/100 ml	-0.39 <sup>ns</sup>	-0.22 <sup>ns</sup>	-0.60**
Hematocrito %	0.16 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>
Glucosa mg/100 ml	0.22 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	0.35 <sup>ns</sup>
Colesterol mg/100 ml	0.00 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>
GOT unidades	0.05 <sup>ns</sup>	-0.25 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>

<sup>1/</sup> Nivel de significancia : ns (P > 0.05), \* (P < 0.05), \*\* (P < 0.01)

de 8.00 y 17.00 h. Sin embargo, como se puede apreciar en el Cuadro 3 las concentraciones medias de urea permiten distinguir los tratamientos en balances positivos y negativos de nitrógeno. La ausencia de correlaciones importantes en los muestreos de 8.00 y 17.00 h pueden deberse a que en este experimento se usaron diferentes fuentes de aporte de nitrógeno, lo cual es citado por Sykes (1977) como una de las formas que pueden modificar el valor de la urea como indicador.

Las concentraciones de AGNE presentaron correlaciones negativas y altamente significativas ( $P < 0.01$ ) con el balance de nitrógeno en los muestreos de las 8.00 ( $r = -0.64$ ) y 17.00 h ( $r = -0.59$ ), mientras que fueron no significativas en el muestreo de las 12.00 h. Los AGNE se relacionan específicamente con el metabolismo de lípidos y son considerados como indicadores adecuados del status energético del animal (Russel, 1977, 1979; Bowden, 1971), y las relaciones encontradas para nitrógeno probablemente sean debidas a las condiciones específicas en que se realizó este trabajo.

Algunos de los parámetros estudiados presentaron correlaciones con el balance de nitrógeno en ciertos muestreos. Las correlaciones fueron significativas ( $P < 0.05$ ) para proteína total (8.00 h,  $r = 0.52$ ), albúmina (17.00 h,  $r = 0.54$ ), y altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para creatinina (17.00 h,  $r = -0.60$ ). El hematócrito y las concentraciones de glucosa, colesterol y GOT no presentaron correlaciones significativas ( $P > 0.05$ ) con el balance de nitrógeno en ninguna de las horas de muestreo.

Se estudiaron, además, las correlaciones entre triptofano y otros componentes sanguíneos; pudiéndose confirmar las asociaciones de este metabolito con los componentes que se consideran normalmente como indicadores del status proteico. Las correlaciones fueron positivas y altamente significati-

vas ( $P < 0.01$ ) entre triptofano y albúmina para los muestreos de 12.00 y 17.00 h, y significativas ( $P < 0.05$ ) para el muestreo de las 8.00 h. Las correlaciones entre triptofano total y protefina fueron positivas y altamente significativas ( $P < 0.01$ ) en los muestreos de 8.00 ( $r=0.82$ ) y 17.00 h ( $r=0.68$ ), y significativas ( $P < 0.05$ ) para el muestreo de las 12.00 h. Las asociaciones encontradas con albúmina y protefina confirman la relación del triptofano con metabolitos que indican el status proteico en el largo plazo (Sykes, 1977; Treacher, 1977).

Los componentes sanguíneos que presentaron mejor correlación con el balance de nitrógeno fueron incluidos en ecuaciones lineales y cuadráticas para un componente, y multivariadas para 2 o 3 componentes. En el Cuadro 7 se presentan las ecuaciones que mejor explicaron las variaciones en el balance de nitrógeno.

#### 4.1.2. Relaciones entre balance energético y constituyentes sanguíneos en el segundo período del experimento.

En el Cuadro 8 se resume la información de consumo (CMS, CMO, CMO/PV<sup>.75</sup>, CMO/PV<sup>.75</sup>), digestibilidad (DMS, DMO) y el balance de energía para el segundo período del experimento. En esta etapa del experimento se observaron aumentos en el consumo y digestibilidad, respecto al primer período, en todos los tratamientos, que condujeron a cambios en los valores medios para el balance de energía. Las medias para balance energético se situaron en -0.79, 1.22 y 1.56 para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente.

En el Cuadro 9 se presentan los valores medios ( $\bar{x}$ ) y desviación estandar (d.e.) para los componentes sanguíneos estudiados en el segundo período. En primera instancia, se observaron modificaciones en las concentraciones de AGNE, albúmina, glucosa, urea y protefina, respecto al primer período.

CUADRO 7. Ecuaciones que mejor explican el balance de nitrógeno en las diferentes horas de muestreo durante el primer período experimental (n=18).

Hora de muestreo	E C U A C I O N	r <sup>2</sup>
8.00	BN = 2.57 LTRI <sup>1/</sup> + 0.07 UC <sup>2/</sup> - 6.53	0.64** <sup>3/</sup>
12.00	BN = 1.22 LTRI + 0.04 UC - 3.38	0.66**
17.00	BN = 2.40 LTRI + 0.04 UC - 5.63	0.55**
8.00	BN = 1.43 LTA <sup>4/</sup> + 5.52	0.59**
12.00	BN = 1.01 LTA + 4.13	0.37**
17.00	BN = 1.51 LTA + 6.08	0.57**
12.00	BN = 27.74 TA <sup>5/</sup> + 0.03 UC - 1.86	0.66**

1/ Logaritmo de triptofano

2/ Relación urea/creatinina

3/ \*\* (P < 0.01)

4/ Log (Triptofano/AGNE)

5/ relación triptofano/AGNE

CUADRO 8. Resumen de la información obtenida durante el segundo periodo del experimento ( $\bar{x} \pm$  d.e.)

PARAMETRO	TRATAMIENTO		
	1 (n=4)	2 (n=5)	3 (n=6)
CMS (g/día)	429 $\pm$ 75	575 $\pm$ 117	733 $\pm$ 185
CMO (g/día)	380 $\pm$ 66	512 $\pm$ 104	670 $\pm$ 168
CMO/PV <sup>0.75</sup> (g/día)	43 $\pm$ 6	60 $\pm$ 12	77 $\pm$ 14
CMOD/PV <sup>0.75</sup> (g/día)	20 $\pm$ 2	31 $\pm$ 5	40 $\pm$ 6
DMS (%)	43.1 $\pm$ 1.2	49.1 $\pm$ 3.0	48.8 $\pm$ 2.2
DMO (%)	47.4 $\pm$ 1.3	53.2 $\pm$ 4.4	53.0 $\pm$ 2.2
BEN	-0.79 $\pm$ 0.1	1.22 $\pm$ 0.2	1.56 $\pm$ 0.2

CUADRO 9. Valores de los componentes sanguíneos medidos en sangre para los diferentes tratamientos durante el segundo período del experimento con muestreo a las 8 h. ( $\bar{x} \pm$  d.e.)

COMPONENTE	TRATAMIENTO		
	1 (n=15)	2 (n=15)	3 (n=15)
Colesterol mg/100 ml	66 $\pm$ 15	51 $\pm$ 9	72 $\pm$ 10
AGNE $\mu$ eq/l	224 $\pm$ 145	105 $\pm$ 106	72 $\pm$ 21
Albúmina g/100 ml	3.28 $\pm$ 0.13	3.48 $\pm$ 0.90	3.90 $\pm$ 0.17
Triptofano $\mu$ g/ml	4.85 $\pm$ 0.90	9.02 $\pm$ 3.65	11.60 $\pm$ 4.06
Glucosa mg/100 ml	41.2 $\pm$ 10.2	43.0 $\pm$ 26.0	45.8 $\pm$ 6.1
Urea mg/100 ml	12.6 $\pm$ 10.8	20.9 $\pm$ 3.3	26.6 $\pm$ 3.8
Proteína g/100 ml	4.69 $\pm$ 0.47	4.75 $\pm$ 1.18	5.13 $\pm$ 0.4
Creatinina mg/100 ml	1.18 $\pm$ 0.29	0.73 $\pm$ 0.21	0.71 $\pm$ 0.12
Hematocrito %	28 $\pm$ 6.8	29 $\pm$ 9.2	31 $\pm$ 4.8
GOT unidades	28 $\pm$ 4.9	27 $\pm$ 8.2	28 $\pm$ 2.2

do en todos los tratamientos, aunque los animales alimentados con forraje solo ( $T_1$ ) fueron los que presentaron una disminución más marcada. Los descensos en la concentración de estos metabolitos parece explicarse por una mayor dilución, lo cual puede apreciarse en los valores obtenidos para hematocrito.

El triptofano total presentó un comportamiento diferente a los otros metabolitos, mostrando un aumento en su concentración, respecto al primer período, en los tratamientos que presentaron balance energético y proteico positivos ( $T_2$  y  $T_3$ ), mientras que disminuyó para el caso del tratamiento de forraje solo ( $T_1$ ). Esta disminución en la concentración de triptofano, albúmina, urea y proteína en el  $T_1$  parece corresponder con la deficiencia prolongada de nitrógeno a que fueron sometidos estos animales. Este tipo de disminuciones asociadas a deficiencias prolongadas de nitrógeno han sido observadas por Payne (1977a) para urea, proteína y albúmina en el enfoque de perfiles metabólicos.

En el Cuadro 10 se presentan las correlaciones encontradas entre los componentes sanguíneos y el balance de energía. Los resultados obtenidos concuerdan con las observaciones del primer período; observándose correlaciones altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para AGNE ( $r = -0.65$ ) y triptofano ( $r = 0.72$ ), así como para sus relaciones en forma natural ( $r = -0.71$ ) y logarítmica ( $r = -0.75$ ). Las concentraciones de albúmina presentaron correlaciones significativas ( $P < 0.05$ ) con el balance energético que no se observaron en el primer periodo en el muestreo de las 8.00 h. Las concentraciones de glucosa, proteína, creatinina y urea no presentaron correlaciones significativas ( $P > 0.05$ ) con el balance energético.

Con los metabolitos estudiados que presentaron mejores relaciones con el balance de energía se ajustaron ecuaciones

CUADRO 10. Correlaciones entre balance energético y los componentes sanguíneos para el segundo período del experimento (n=15).

COMPONENTE	r <sup>2</sup>
AGNE	-0.65** <sup>1/</sup>
Triptofano	0.73**
Albúmina	0.59*
Glucosa	0.29 <sup>ns</sup>
Proteína	0.43 <sup>ns</sup>
Creatinina	-0.45 <sup>ns</sup>
Urea	0.49 <sup>ns</sup>
Colesterol	0.17 <sup>ns</sup>
GOT	0.12 <sup>ns</sup>
AGNE/Triptofano	-0.71**
Log AGNE/Triptofano	-0.75**
Urea/Creatinina	0.50 <sup>ns</sup>

<sup>1/</sup> Nivel de significancia: ns (P > 0.05), \* (P < 0.05),  
 \*\* (P < 0.01).

lineales y cuadráticas para una variable, y multivariadas para 2 o 3 variables. Las ecuaciones que mejor explicaron el comportamiento del balance de energía se presentan en el Cuadro 11.

Los AGNE y triptofano total fueron las variables que mejor interpretan las variaciones del balance energético, mientras que la inclusión de urea en las ecuaciones permitió mejorar el coeficiente de determinación.

Si bien en este período la información de balance de nitrógeno no fue determinada, no puede descartarse su efecto sobre los parámetros en estudio. El triptofano total es probablemente uno de los componentes que por sus valores medios, variaciones entre muestreos, y asociación individual, parece comportarse adecuadamente para la evaluación del status proteico del rebaño.

#### 4.1.3. Correlaciones entre balance de energía y los componentes sanguíneos para la información de los dos períodos.

En el Cuadro 12 se presentan las correlaciones entre el balance de energía y los componentes sanguíneos durante los dos períodos del experimento. Los resultados obtenidos son consistentes con lo presentado en las etapas anteriores en relación a los parámetros que mejor explicaron las variaciones en el balance energético.

Con la información de ambos períodos se generaron ecuaciones explicativas del balance de energía, siguiendo los mismos procedimientos que se utilizaron para los períodos anteriores. En el Cuadro 13 se presentan las ecuaciones que mejor interpretan las variaciones en el balance energético.

Los resultados de este experimento permiten concluir la

**CUADRO 11.** Ecuaciones que mejor explican el comportamiento del balance energético para el segundo periodo experimental (n=15)

E C U A C I O N	$r^2$
BEN = 0.76 - 0.001(AGNE) + 0.04(TRI) + 0.02(U)	0.80**
LBEN = 0.03 - 0.001(AGNE) + 0.04(TRI)	0.72**
BEN = 0.99 - 0.001(AGNE) + 0.05(TRI)	0.67**

CUADRO 12. Correlaciones entre los constituyentes sanguíneos y balance de energía para los dos períodos del experimento en muestreos a las 8.00 h (n=33)

COMPONENTE	r
AGNE	-0.66**
Triptofano	0.69**
Colesterol	-0.05 <sup>ns</sup>
Albúmina	0.10 <sup>ns</sup>
Creatinina	-0.31 <sup>ns</sup>
Proteína	0.23 <sup>ns</sup>
Urea	0.36*
Glucosa	-0.17 <sup>ns</sup>
AGNE/Triptofano	-0.71**
Log AGNE/Triptofano	-0.74**

CUADRO 13. Ecuaciones que mejor explican el comportamiento del balance de energía para los dos periodos del experimento con muestreo a las 8.00 h (n=33)

ECUACION	r <sup>2</sup>
BEN = 0.66 - 0.001(AGNE) + 0.05(TRI) + 0.01(U)	0.70**
BEN = 0.73 - 0.001(AGNE) + 0.05(TRI) + 0.007(UC)	0.70**
BEN = 0.92 - 0.001(AGNE) + 0.05(TRI)	0.65**
LBEN = 0.46 - 0.02(AT) + 0.0001(AT) <sup>2</sup>	0.60*
BEN = 1.90 - 0.26(LAT)	0.55**

importancia de los AGNE y triptofano en la predicción del balance de energía de los animales sometidos a las dietas de este experimento. Debe tenerse en cuenta, la existencia de correlaciones positivas y altamente significativas ( $r = 0.92$ ) entre el balance de energía y nitrógeno mencionado anteriormente, ya que introduce confusión en la interpretación de los resultados y probablemente las ecuaciones logradas no puedan ajustarse adecuadamente a otras situaciones de alimentación.

La información existente en la literatura permite relacionar en forma específica a los AGNE con el metabolismo de lípidos y como indicador adecuado del status energético (Bowden, 1971; Russel, 1977, 1979), y los resultados obtenidos en este experimento confirman su importancia para animales no preñados y no lactantes. Su asociación con el balance nitrogenado es difícil de explicar sobre bases biológicas y probablemente sea resultado de las correlaciones existentes entre balance de energía y nitrógeno para estas dietas experimentales.

Las concentraciones de triptofano total en suero presentaron correlaciones elevadas con el balance de energía y nitrógeno. Los trabajos de Davis et al (1982) proponen al triptofano como indicador adecuado para la predicción del consumo de materia seca de ovinos en pastoreo y su asociación con la cantidad de proteína que llega a intestino para ser absorbida. Las asociaciones encontradas con el balance energético parecen más discutibles, pero pueden existir formas de interacción de este metabolito en la regulación del consumo de energía. Es conocida la participación del triptofano en la liberación de colecistoquinina, así como sus funciones como precursor de 5-hidroxitriptamina que interviene como neurotransmisor en la regulación del consumo del animal. Existen evidencias de que un aumento en las concentraciones de triptofano o 5-hidroxitriptofano contribuyen a la síntesis de

5-hidroxitriptamina, y que cuando se inhibe la enzima triptofano hidrolasa disminuye la síntesis de este compuesto (Booth, 1978). Por lo tanto, en lo referente a la asociación que realmente presenta el triptofano con el balance de energía y nitrógeno debe continuarse la experimentación en situaciones de alimentación controlada usando raciones isoenérgicas e isoproteicas, de forma de poder establecer las relaciones biológicas existentes.

#### 4.2. Experimento 2.

En el Cuadro 14 se presentan los valores medios ( $\bar{x}$ ) y desviación estandar (d.e.) para la información de ganancia de peso, glucosa, proteína total, GOT, creatinina, triptofano y AGNE, obtenida durante el segundo experimento. Las ganancias de peso de los animales en los diferentes tratamientos de carga variaron dentro de límites comprendidos entre -78.6 (T1) y -21.1 (T4) g/día, aunque estas diferencias para los ovinos muestreados no fueron estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ). Las concentraciones medias de AGNE fueron superiores a 682  $\mu\text{eq/l}$ , lo cual indica según Russel (1977) que los animales presentaron un balance energético negativo, y esta situación se reflejó en las pérdidas de peso observadas en los diferentes tratamientos.

Las concentraciones medias de triptofano total se relacionaron en forma directa con las ganancias de peso de los animales en los diferentes tratamientos, lo cual confirma su importancia en la valoración del status nutricional cuando se evalúan datos promedio de un conjunto de animales.

Los otros componentes sanguíneos estudiados no mostraron un comportamiento consistente con las variaciones en la ganancia de peso de los animales experimentales sobre la base de sus valores promedio.

En el Cuadro 15 se presentan las correlaciones encontradas entre las concentraciones de los metabolitos estudiados y las ganancias de peso de los animales. Las concentraciones de AGNE presentaron correlaciones negativas y altamente significativas ( $P < 0.01$ ) con las ganancias de peso, lo cual permite confirmar la relación existente entre este metabolito y el balance energético de los animales considerados en forma individual. Aunque la ganancia de peso es un indicador su

CUADRO 14. Valores medios ( $\bar{x}$ ) y desviación estandar (d.e.) de la información obtenida en el segundo experimento.

PARAMETRO	TRATAMIENTO							
	1 (n=6)		2 (n=5)		3 (n=8)		4 (n=9)	
Peso inicial kg	23.4	± 3.6	23.7	± 3.9	24.5	± 6.2	25.0	± 4.7
Ganancia de peso g/día	-41.5	± 50.7	-78.6	± 68.7	-60.1	± 38.9	-21.1	± 60.8
Glucosa mg/100 ml	57.3	± 7.5	58.4	± 4.8	55.0	± 5.9	61.3	± 5.0
Proteína g/100 ml	5.4	± 0.3	5.4	± 0.7	5.2	± 0.3	5.4	± 0.6
GOT unidades	43.2	± 7.6	48.6	± 0.0	64.8	± 49.3	46.6	± 9.8
Creatinina mg/100 ml	1.3	± 0.4	0.9	± 0.1	1.1	± 0.2	1.2	± 0.4
Triptofano µg/ml	6.7	± 3.7	5.8	± 3.0	6.0	± 3.4	6.8	± 2.6
AGNE µeq/l	698	± 552	862	± 256	769	± 76	682	± 226

CUADRO 15. Correlaciones entre las concentraciones de metabolitos en suero y las ganancias de peso de los animales del segundo experimento (n=28).

COMPONENTE	r
Glucosa mg/100 ml	-0.09 <sup>ns</sup> <u>1/</u>
Proteína g/100 ml	-0.13 <sup>ns</sup>
GOT unidades	-0.29 <sup>ns</sup>
Creatinina mg/100 ml	0.07 <sup>ns</sup>
Triptofano µg/ml	-0.002 <sup>ns</sup>
AGNE µeq/l	-0.60**

1/ ns (P > 0.05), \*\* (P < 0.01)

jeto a variaciones no nutricionales, los resultados son consistentes con lo encontrado en el primer experimento en cuanto a su valor en la predicción de status energético de los animales. Los otros componentes sanguíneos estudiados en este experimento no presentaron correlaciones significativas ( $P > 0.05$ ) con la ganancia de peso de los animales.

Las concentraciones de AGNE se utilizaron en ecuaciones lineales y cuadráticas que permitieron predecir el comportamiento de la ganancia de peso de los ovinos estudiados. La ecuación que mejor explicó las variaciones en ganancia de peso (GP) fue:

$$GP \text{ g/día} = 32.64 - 0.114 (\text{AGNE})$$

$$r^2 = 0.41^{**}$$

Por otra parte, se probaron las ecuaciones de balance energético generadas en el primer experimento y los valores de BEN obtenidos se estudiaron para determinar en que grado explicaban las ganancias de peso de los animales de este trabajo. La ecuación :

$$BEN = 0.92 - 0.001 (\text{AGNE}) + 0.05 (\text{TRI})$$

fue la que presentó mayor correlación ( $r=0.57$ ;  $P < 0.01$ ) con las ganancias de peso de los animales de este experimento.

Los resultados de este experimento confirman el valor de los AGNE en la predicción del status energético de los animales experimentales, y muestran la posibilidad del uso de metabolitos sanguíneos para la generación de ecuaciones de predicción para un determinado ambiente en que se encuentren los animales en estudio. El triptofano presentó relaciones con la ganancia de peso cuando se consideraron los da-

tos promedio de los diferentes tratamientos, pero no presentó correlaciones significativas ( $P > 0.05$ ) con las ganancias de peso cuando se consideró la información de manera individual. Los resultados presentados para este experimento no concuerdan con la información obtenida para el primer periodo y probablemente este metabolito presente una mayor relación con el metabolismo del nitrógeno que con el energético.

Es probable que el status proteico de los animales experimentales sea adecuado. López et al (1985) en un estudio realizado en el mismo lugar durante 1983 encontraron que aún cuando el contenido de proteína cruda del forraje era bajo ( $\bar{x} = 6.8\%$ ), los borregos experimentales seleccionaron una dieta con niveles adecuados de proteína ( $\bar{x} = 11\%$ ).

### 4.3. Experimento 3.

En el Cuadro 16 se resume la información obtenida para AGNE, albúmina y triptofano en los animales no preñados y no lactantes, gestantes y en lactancia de un rebaño comercial del área de Río Frío. Es necesario destacar que la situación nutricional en el momento del estudio fue excepcional en relación a años anteriores, lo cual puede apreciarse en los promedios de peso de los animales y las crías nacidas durante la etapa experimental.

Los resultados permiten apreciar claras tendencias en las concentraciones de AGNE de los animales en distintos estados fisiológicos. Los animales secos presentaron una concentración promedio de AGNE menor que las gestantes, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ); mientras que las diferencias que se apreciaron con los animales lactantes fueron altamente significativas ( $P < 0.01$ ). Los animales gestantes presentaron concentraciones menores que los lactantes y sus diferencias fueron altamente significativas ( $P < 0.01$ ). Estos resultados indican que, aparentemente, las mayores deficiencias nutricionales se presentaron en los animales en lactancia debido a la demanda que requiere la producción de leche. Los animales gestantes presentaron valores medios de AGNE, lo cual indica un grado moderado de subnutrición que, de acuerdo a Russel (1979), no afecta en forma marcada el peso de los corderos al nacer.

Las concentraciones medias de triptofano presentaron una tendencia a disminuir a medida que los estados fisiológicos del animal fueron más exigentes en sus requerimientos por nutrientes. Las concentraciones mayores de triptofano se observaron en los animales no preñados y no lactantes,

CUADRO 16. Ácidos grasos no esterificados (AGNE), albúmina y triptofano total en suero de ovinos en distintos estados fisiológicos en dos fechas de muestreo ( $\bar{x} \pm$  d.e.).

MUESTREO	AGNE $\mu\text{eq/l}$	Albúmina g/100 ml	Triptofano $\mu\text{g/ml}$
<b>Animales secos<sup>1/</sup></b>			
1er muestreo	520 $\pm$ 238	4.35 $\pm$ 0.55	5.54 $\pm$ 1.96
2do muestreo	504 $\pm$ 318	4.71 $\pm$ 0.42	6.94 $\pm$ 2.00
<b>Animales gestantes<sup>2/</sup></b>			
1er muestreo	622 $\pm$ 141	4.58 $\pm$ 0.29	4.38 $\pm$ 2.94
<b>Animales en lactancia<sup>3/</sup></b>			
1er muestreo	1167 $\pm$ 465	4.87 $\pm$ 0.30	3.59 $\pm$ 1.10
2do muestreo	1421 $\pm$ 612	4.93 $\pm$ 0.50	4.02 $\pm$ 1.00

1/ y 3/. Peso promedio de los animales muestreados. Animales secos 41.9  $\pm$  2.7 kg; Animales lactantes 38.4  $\pm$  5.3 kg.

2/. Peso de animales gestantes: 39.5  $\pm$  4.9 kg.

Peso promedio de los corderos nacidos: 3.6  $\pm$  0.4 kg.

disminuyendo en los preñados, y fueron mínimas en los animales en lactancia. Los valores medios de triptofano fueron menores a los encontrados en los experimentos previos, particularmente para los animales gestantes y en lactancia. Los niveles de albúmina fueron similares en los distintos grupos de animales y no presentaron diferencias significativas entre ellos.

Por otra parte se estudiaron las correlaciones existentes entre las concentraciones de estos metabolitos en suero y los pesos al nacer de los corderos. Las concentraciones de AGNE presentaron correlaciones positivas ( $r=0.41$ ) y significativas ( $P<0.05$ ) con el peso de los corderos al nacer. Las concentraciones de triptofano presentaron correlaciones negativas y no significativas ( $P>0.05$ ) con el peso de los corderos al nacer, mientras que para la albúmina las correlaciones fueron negativas ( $r=-0.65$ ) y altamente significativas ( $P<0.01$ ).

Las correlaciones de las relaciones entre AGNE/triptofano fueron significativas ( $P<0.05$ ) y los valores aumentaron ( $r=0.5$ ), mejorando los encontrados para estos parámetros en forma individual.

La información obtenida en este trabajo permite confirmar diferencias entre las concentraciones de AGNE y triptofano en relación a su valor como indicadores de status nutricional. Los AGNE confirman su estrecha relación con el metabolismo energético del animal. Sin embargo, los resultados para triptofano parecen confirmar su asociación al metabolismo del nitrógeno y sus conexiones con el balance de nitrógeno pueden originarse de las asociaciones existentes entre energía y proteína en el alimento recibido por el animal.

## 5. CONCLUSIONES.

Los resultados de los experimentos realizados confirman la importancia del uso de metabolitos sanguíneos para la evaluación del status nutricional de los ovinos. El valor de cada uno de los metabolitos es dependiente de las funciones que cumple en el metabolismo general del animal.

El uso de metabolitos para evaluar el estado nutricional permite diferentes enfoques, que incluyen la valoración de las concentraciones medias entre grupos de animales, sus variaciones entre períodos de muestreo y las asociaciones individuales con el parámetro de respuesta.

Los ácidos grasos no esterificados (AGNE) permiten reconocer situaciones de subnutrición al evaluar sus concentraciones medias entre grupos de animales. Por otra parte, se encontraron relaciones individuales estrechas entre las concentraciones de AGNE y el balance energético, cambios de peso de los animales en pastoreo y peso al nacer de los corderos. Los resultados obtenidos confirman la estrecha relación de este metabolito con la movilización de reservas energéticas para cubrir las deficiencias en el aporte de la dieta.

La utilización de ecuaciones multivariadas para la explicación del balance energético de los animales del primer experimento permitió mejorar la capacidad de predicción de cada metabolito en forma individual. Los constituyentes sanguíneos más relacionados con el balance energético fueron AGNE, triptofano y la relación urea/creatinina. Las ecuaciones logradas permitieron explicar el 70% de la variabilidad en el balance energético ( $r^2=0.70$ ;  $p < 0.01$ ), pero las relaciones encontradas entre el balance energético y nitrogenado ( $r=0.92$ ) introducen dificultades en la generalización de estas ecua-

ciones a otras situaciones de alimentación.

Las ecuaciones multivariadas ajustadas para el balance de nitrógeno incluyen al triptofano y la relación urea/creatinina, permitiendo explicar el 64% de la variabilidad ( $r^2 = 0.64$ ;  $P < 0.01$ ). De igual forma que para el balance de energía, los AGNE presentaron correlaciones elevadas con el balance de nitrógeno que se atribuye a la situación particular de alimentación en este experimento.

Los resultados encontrados para triptofano permiten relacionarlo más estrechamente con el balance de nitrógeno del animal y puede ser de utilidad para situaciones en que se pretende controlar la situación nutricional proteica del animal en condiciones experimentales.

Los otros metabolitos estudiados, a excepción de albúmina que presentó correlaciones elevadas con el peso al nacer de los corderos, no mostraron un comportamiento adecuado que permita su utilización para predecir el estado nutricional de los animales.

Los mejores momentos para proceder al muestreo de los animales parecen limitarse a las primeras horas de la mañana, asegurando un ayuno previo de 12 h.

## LITERATURA CITADA

- Adler, J.H. y E. Lotan. 1967. The relationship of circulating glucose, ketone and free fatty acid to milk production in Awassi ewes. *J. Agric. Sci.* 69 : 349.
- Adrouni, B. y A.K. Khachadurian. 1968. Metabolism of individual fatty acids by sheep depot adipose tissue in vivo and in vitro. *Comp. Biochem. Physiol.* 26 : 321.
- Allison, C.D. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *J. Range Manag.* 38 : 305
- Alvarez, E. y A. Hernández. 1982. Producción de carne y calidad del forraje consumido por ovinos en bosque de Pinus hartwegii en Zoquiapan, México. Tesis Profesional. Dpto. de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Annison, E.F. 1960. Plasma non esterified fatty acids in sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 11 : 58.
- Annison, E.F., R.E. Brown, R.E. Leng, D.B. Lindsay y C.E. West. 1967. Rates of entry and oxidation of acetate, glucose, D(-)-B-hidroxibutirato, palmitato, oleato and estearato, and rates of production and oxidation of propionato and butirato in fed and starved sheep. *Biochem. J.* 104:135.
- Annison, E.F. y D.G. Armstrong. 1970. Volatile fatty acid metabolism and energy supply. In: A.T. Phillipson (Ed). *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant*. Oriol Press, Newcastle, upon Tyne, England. pp. 422.
- A.O.A.C. 1975. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 12<sup>th</sup> Ed. Washington, DC.
- Arbiza, S.I. y J. De Lucas. 1980. Encuesta sobre Producción Ovina y Caprina en Cuatro Municipios del Edo. de Mexico y dos de Hidalgo. Temas Selectos de Ovinos N°4. FES-Cuautitlán, UNAM. Cuautitlán, México.
- Archer, R.K. 1965. *Haematological Techniques for Use on Animals*. Blackwell Press, Oxford, England. 265 p.
- Ballard, F.J., R.W. Hanson y D.S. Kronfeld. 1969. Gluconeogenesis and lipogenesis in tissues from ruminant and non-ruminant animals. *Fed. Proc.* 28 : 218.
- Baker, R.D. 1982. Estimating herbage intake from animal performance. In: J.D. Leaver (Ed.). *Herbage Handbook*. British Grassland Society. Berkshire, England. pp. 77.
- Barr, A.J., J.H. Goodnight, J.P. Sall y J.T. Hellwig. 1976. *A User's Guide to SAS*. Sparks Press, Raleigh, NC.
- Bartholomew, R.J. y A. Delaney. 1964. Determination of serum albumin with bromocresol green. *Proc. Aust. Asso. Clin. Chem.* 1 : 64.

- Basset, J.M. 1975. Dietary and gastro-intestinal control of hormones regulating carbohydrate metabolism in ruminants. In: I. McDonald y A.C.I. Warner (Ed.). Digestion and Metabolism in the Ruminant. University of New England. Armindale, Australia. pp. 383.
- Bauman, D.E. y C.L. Davis. 1975. Regulation of lipid metabolism. In: I. McDonald y A.C.I. Warner (Ed.). Digestion and Metabolism in the Ruminant. University of New England. Armindale, Australia. pp. 496.
- Bauman, D.E. 1976. Intermediary metabolism of the adipose tissue. Fed. Proc. 35 : 2308.
- Bell, A.W. 1980. Lipid metabolism in liver and selected tissues and in the whole body of ruminant animals. Prog. Lipid Res. 18 : 117.
- Bergen, W.G. 1978. Postruminant digestion and absorption of nitrogenous components. Fed. Proc. 37 : 1223.
- Bergman, E.N. 1963. Quantitative aspects of glucose metabolism in pregnant and non-pregnant sheep. Am. J. Physiol. 204 : 147.
- Bergman, E.N. 1968. Glycerol turnover in the non pregnant and ketotic pregnant sheep. Am. J. Physiol. 215 : 865.
- Bergman, E.N. 1973. Glucose metabolism in ruminants as related to hypoglycemia and ketosis. Cornell Vet. 63 : 341.
- Bergman, E.N. 1977. Glucose metabolism in ruminants. In: P.W.M. Van Adrichem (Ed.). Proc. Third International Conference on Production Diseases in Farm Animals. Center for Agric. Publ. Documentation. Wageneningen, Holanda. pp. 25.
- Bergman, E.N. y D.E. Hogue. 1967. Glucose turnover and oxidation rates in lactating sheep. Am. J. Physiol. 213 : 1373.
- Bergman, E.N., D.J. Starr y S.S. Reulein, Jr. 1968. Glycerol metabolism and gluconeogenesis in the normal and hypoglycemic ketotic sheep. Am. J. Physiol. 215 : 874.
- Bergman, E.N., M.L. Katz y C.F. Kaufman. 1970. Quantitative aspects of hepatic and portal glucose metabolism and turnover in sheep. Am. J. Physiol. 219 : 785.
- Bergman, E.N., C.F. Kaufman, J.E. Wolf y H.H. Williams. 1974. Renal metabolism of aminoacids and ammonia in fed and fasted pregnant sheep. Am. J. Physiol. 226 : 874.
- Bonsnes, R.W. y H.J. Taussky. 1945. On the colorimetric determination of creatine by the Jaffe reaction. J. Biol. Chem. 158 : 581.
- Booth, D.A. 1978. Neurochemistry of appetite mechanism. Proc. Nutr. Soc. 37 : 181.

- Bowden, D.M. 1971. Non esterified fatty acids and ketone bodies in blood as indicators of nutritional status in ruminants: a review. *Can. J. Anim. Sci.* 51 : 1.
- Brockman, R.P. 1978. Roles of glucagon and insulin in the regulation of metabolism in ruminants—a review. *Can. Vet. J.* 19 : 55.
- Butchner, J.E. y L.E. Harris. 1957. Creatinine as an index material for evaluating ruminant nutrition. *J. Anim. Sci.* 16 : 1020.
- Burns, J.C., J.M. Toledo y R.D. Mochrie. 1981. Estimating available forage with the Earth-Plate Capacitance meter. In: J.L. Wheeler y R.D. Mochrie (Ed.). *Forage Evaluation: Concepts and Techniques*. CSIRO, Australia pp. 261.
- Christie, W.W. 1978. The composition, structure and function of lipids in the tissues of ruminant animals. *Prog. Lipid Res.* 17 : 111.
- Coccimano, M.R. y R.A. Leng. 1967. Metabolism of urea in sheep. *Br. J. Nutr.* 21 : 353.
- Cockrem, F.R.M. 1979. A review of the influence of liveweight and flushing on fertility made in the context of efficient sheep production. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 38 : 23.
- Corbett, J.L. 1978. Measuring animal performance. In: L't Mannetje (Ed.). *Measurement of Grassland Vegetation and Animal Production*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Bucks, England. pp. 163.
- Corbett, J.L. 1981. Measurement of the forage intake of grazing animals. In: J.L. Wheeler y R.D. Mochrie (Ed.). *Forage Evaluation: Concepts and Techniques*. CSIRO, Australia. pp. 287.
- Córdova, F.R., J.D. Wallace y R.D. Pieper. 1978. Forage intake by grazing livestock: A review. *J. Range Manag.* 31 : 430.
- Cunningham, V.J., L. Hay y H.B. Stoner. 1975. The binding of L-tryptophan to serum albumins in the presence of non esterified fatty acids. *Biochem. J.* 146 : 653.
- Davis, S.R., G.A. Hughson y L.M. McLeay. 1982. Blood plasma tryptophan concentration - a potentially useful indicator of feed intake in pasture-fed ruminants. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 42 : 165.
- Di Marco, N.M., D.C. Beitz y G.B. Whitehurst. 1981. Effect of fasting on free fatty acid, glycerol and cholesterol concentrations in blood plasma and lipoprotein lipase activity in adipose tissue of cattle. *J. Anim. Sci.* 52 : 75.

- Dobowski, K.M. 1962. An orotoluidin method for body fluid glucose determination, *Clinica Chem.* 8 : 215.
- Duncombe, W.G. 1964. The colorimetric microdetermination of non-esterified fatty acids in plasma. *Clinica Chem. Acta.* 9 : 122.
- Etherton, T.D., D.E. Bauman y J.R. Romans. 1977. Lipolysis in subcutaneous and perirenal adipose tissue from sheep and dairy steers. *J. Anim. Sci.* 44 : 1100.
- Farrel, D.J., R.A. Leng y J.L. Corbett. 1972. Undernutrition in grazing sheep. I. Changes in the composition of the body, blood, and rumen contents. *Aust. J. Agric. Res.* 23 : 483.
- Fawcett, J.K y J.E. Scott. 1960. A rapid and precise method for the determination of urea. *J. Clin. Path.* 13 : 156.
- Fick, K.R., L.R. McDowell y R.H. Houser. 1976. Current status of mineral research in Latin America. *Proc. Latin American Symposium on Mineral Nutrition Research with Grazing Ruminants.* Gainesville, Florida. pp.173.
- Gaitonde, M.K., G. Evans y M.K. Hartmann. 1979. Determination of tryptophan by manually operated and autoanalyzer methods based on the formation of Norharman. *Anal. Biochem.* 92 : 338.
- Gornall, A.G., C.J. Bardawill y M.M. David. 1949. Determination of serum proteins by means of biuret reaction. *J. Biol. Chem.* 177 : 751.
- Gunn, R.G. 1983. The influence of nutrition on the reproductive performance of ewes. *In: W. Haresign (Ed.) Sheep Production.* Butterworth. London. pp. 99.
- Hamilton, R.M.G. y K.K. Carrol. 1976. Plasma cholesterol in rabbits fed low fat, low cholesterol diets. Effects of dietary proteins, carbohydrates and fibre from different sources. *Atherosclerosis.* 24 : 47.
- Harris, L.E. 1970. Métodos para el Análisis Químico y la Evaluación Biológica de Alimentos para Animales. *University of Florida.* Gainesville, Florida.
- Herriman, I.D. y R.J. Heitzman. 1978. The effects of fasting on the concentrations of intermediate metabolites in the blood and hepatic tissues of pregnant and non-pregnant ewes. *J. Agric. Sci., Camb.* 90 : 579.
- Jackson, H.D. y V.W. Winkler. 1970. Effects of starvation on the fatty acid composition of adipose tissue and plasma lipids in sheep. *J. Nutr.* 100 : 201.
- Khachadurian, A.K., M. Kamelian y B. Adrouni. 1966. Metabolism of sheep adipose tissue in vitro. *Am. J. Physiol.* 6 : 1385.

- Kleeman, D.O. 1983. Review. Effects of Nutrition in Ewes during Mating, Pregnancy, Lactation and Postlactation with Particular Reference to Ewes with Multiple Births. Dept. Agric. South Aust. Technical Paper N°1. Rosedale, Australia. 54 p.
- Kobt, A.R. y T.D. Luckey. 1972. Markers in nutrition. Nutr. Abstr. Review. 42 : 813.
- Koundakjian, P.P. y A.M. Snoswell. 1970. Ketone body and fatty acid metabolism in sheep tissue. Biochem J. 119:49.
- Kronfeld, D.S. 1970. Ketone body metabolism, its control, and its implications in pregnancy toxæmia, acetonaemia and feeding standars. In: A.T. Phillipson (Ed.). Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant. Oriel Press. Newcastle upon Tyne, England. pp. 566.
- Leat, W.M.F. 1967. Plasma lipids of newborn and adult ruminants and lambs from birth to weaning. J. Agric. Sci., Camb., 69 : 241.
- Leat, W.M.F. y E.J.H. Ford. 1966. Utilization of free fatty acids by starved and pregnant sheep. Biochem. J. 101: 317.
- Le Du, Y.L.P. y P.D. Penning. 1982. Animal based techniques for estimating herbage intake. In: J.D. Leaver (Ed.). Herbage Intake Handbook. British Grassland Society. Berkshire, England. pp. 37.
- Lindsay, D.B. 1970. Carbohydrate metabolism in ruminants. In: A.T. Phillipson (Ed.). Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant. Oriel Press. Newcastle, upon Tyne, England. pp. 438.
- Lindsay, D.B. 1976. The usefulness to the animal producer of research findings in nutrition on reproduction. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 11 : 217.
- Lindsay, D.B. 1977. The effect of feeding pattern and sampling procedure on blood parameters. In: D. Lister y N.G. Gregory (Ed.). Blood Profiles in Animal Production. British Grassland Society of Animal Production. Occasional Publication N°1. pp. 99.
- Little, W. 1974. An effect of the stage of lactation on the concentration of albumin in serum of dairy cows. Res. Vet. Sci. 17 : 193.
- López T., M.L., J.M. García B. y J.R. Esparza O. 1985. Pastoreo mixto con ovinos y vacunos de un pastizal bajo bos que de *Pinus Hartwegii* en Zoquiapan, México. Tesis Profesional. Dpto. Zootectnia, Universidad Autónoma Chapin go. Chapingo, México.

- Mabon, R.M., E.Y. Brechany y R.G. Vernon. 1982. Plasma unesterified fatty acid and triacylglycerol concentrations of the goat (Capra hircus) during pregnancy and lactation. *Comp. Biochem. Physiol.* 728:487.
- Mannetje, L't. 1978. Measuring quantity of grassland vegetation. In: L't Mannetje (Ed.). *Measuring of Grassland Vegetation and Animal Production*. Commonwealth Agricultural Bureaux. Bucks, England. pp. 63.
- Martin, R.J., L.L. Wilson, R.L. Cowan y J.D. Sink. 1973. Effects of fasting and diet on enzyme profiles in ovine liver and adipose tissue. *J. Anim. Sci.* 36 : 101.
- McDowell, L.R., J.H. Conrad, G.L. Ellis y J.K. Loosli. 1984. *Minerales para Rumiante en Pastoreo en Regiones Tropicales*. Dpto. de Ciencia Animal. Centro de Agricultura Tropical. Universidad de Florida. Gainesville, Florida.
- McIntyre, K.H. 1970. The effects of increased nitrogen intakes on plasma urea nitrogen and rumen ammonia in sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 21 : 501.
- McMannus, W.R. 1981. Oesophageal fistulation technique as an aid to diet evaluation of the grazing animal. In: J.L. Wheeler y R.D. Mochrie (Ed.). *Forage Evaluation: Concepts and Techniques*. CSIRO. Australia. pp. 249.
- Meijz, J.A.C. 1981. *Herbage Intake by Grazing Dairy Cows*. Center for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, Holanda.
- Meijz, J.A.C., R.J.K. Walters y A. Keen. 1982. Sward methods. In: J.D. Leaver (Ed.). *Herbage Intake Handbook*. British Grassland Society. Berkshire, England. pp. 11.
- Mikulec, K. y A. Taylor. 1965. Serum albumin-bound fatty acid values in wethers. *N.Z. J. Agric. Res.* 8 : 889.
- Nahed, T., S. Aleman y M.V. Parra. 1982. La producción ovina en una comunidad Chamula. *Memorias del primer seminario Nacional sobre Sistemas de Producción Pecuaria*. Dpto. de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 239.
- Noble, R.C. 1978. Digestion, absorption and transport of lipids in ruminant animals. *Prog. Lipid Res.* 17 : 55.
- N.R.C. 1975. *Nutrient Requirements of Domestic Animals, N°5. Nutrient requirements of sheep*. National Academy of Sciences (5th Ed.). Washington, D.C.
- N.R.C. 1981. *Nutrient Requirements of Domestic Animals, N°15. Nutrient requirements of goats*. National Academy of Sciences. Washington, D.C.

- Orcasberro, R. y S. Fernández. 1982. Los Forrajes en la Alimentación de Ovinos. Dpto. de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Ørskov, E.R. 1977. Capacity for digestion and effects of composition of absorbed nutrients on animal metabolism. *J. Anim. Sci.* 45 : 600.
- Patterson, D.S.P. 1963. Some observations on the estimation of non-esterified fatty acid concentration in cow and sheep plasma. *Res. Vet. Sci.* 4 : 230.
- Patterson, D.S.P., K.N. Burns, N.F. Cunningham, C.N. Hebert y N. Saba. 1964. Plasma concentrations of glucose and non-esterified fatty acids (NEFA) in pregnant and lactating ewe and the effect of dietary restriction. *J. Agric. Sci., Camb.* 62 : 253.
- Payne, J.M. 1977a. The practical use of the metabolic profile test. In: P.W.M. Van Adrichem (Ed.). *Proc. Third International Conference on Production Diseases in Farm Animals*. Center for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, Holanda. pp. 45
- Payne, J.M. 1977b. *Metabolic Diseases in Farm Animals*. William Haineman Medical Books Ltd. London.
- Pfander, W.H., S.E. Grebing, C.M. Price, O. Lewis, J.M. Splund y C.V. Ross. 1975. Use of plasma urea nitrogen to vary protein allowances of lambs. *J. Anim. Sci.* 41 : 647.
- Preston, R.L., D.D. Schnakenberg y W.H. Pfander. 1965. Protein utilization in ruminants. 1. Blood urea nitrogen as affected by protein intake. *J. Nutr.* 86 : 281.
- Prior, R.L. y R.K. Christensen. 1978a. Insulin and glucose effects on glucose metabolism in pregnant and non-pregnant ewes. *J. Anim. Sci.* 46 : 201.
- Prior, R.L. y R.K. Christensen. 1978b. Insulin and glucose effects on amino acid metabolism in pregnant and non-pregnant ewes. *J. Anim. Sci.* 46 : 211.
- Reid, R.L. y N.T. Hinks. 1962. Studies on the carbohydrate metabolism of sheep. XVII. Feed requirements and voluntary feed intake in late pregnancy, with particular reference to prevention of hypoglycaemia and hyperketonaemia. *Aust. J. Agric. Res.* 13 : 1092.
- Reitman, S. y S. Frankel. 1957. A colorimetric method for determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases. *Amer. J. Clin. Path.* 28 : 36.
- Rice, R.W., J.G. Morris, B.T. Maeda y R.L. Baldwin. 1974. Simulation of animal functions in models of production systems: ruminants on the range. *Fed. Proc.* 33 : 188.
- Rook, J.A.F. 1983. Nutritional imbalances. In: J.A.F. Rook y P.C. Thomas (Ed.). *Nutritional Physiology of Farm Animals*. Longman. New York. pp. 369.

- Roseby, F.B. y R.A. Leng. 1974. Effects of Trichostrongylus colubriformis (Nematoda) on the nutrition and metabolism of sheep. II. Metabolism of urea. Aust. J. Agric. Res. 25 : 363.
- Russel, A.J.F. 1977. The use of measurements of energy status in pregnant ewes. In: D. Lister y N.G. Gregory (Ed.). The Use of Blood Metabolites in Animal Production. British Society of Animal Production. Occasional Publication N°1. pp. 31.
- Russel, A.J.F. 1979. The nutrition of the pregnant ewe. In: British Council and Commonwealth Agricultural Bureaux (Ed.). The management and Diseases of Sheep. London. pp. 221.
- Russel, A.J.F. 1984. Means of assessing the adequacy of nutrition of the pregnant ewes. Liv. Prod. Sci. 11 : 429.
- Russel, A.J.F., J.M. Doney y R.L. Reid. 1967. The use of biochemical parameters in controlling nutritional state in pregnant ewes, and the effect of undernourishment during pregnancy on lamb birth weight. J. Agric. Sci., Camb. 68 : 351.
- Russel, A.J.F. y J.M. Doney. 1969. Observations on the use of plasma free fatty acid concentrations in the determination of maintenance requirements of sheep. J. Agric. Sci., Camb. 72 : 59.
- Russel, A.J.F. y I.A. Wright. 1983. The use of blood metabolites in the determination of energy status in beef cows. Anim. Prod. 37 : 335.
- Sasaki, Y. y H. Takahashi. 1980. Insulin secretion in sheep exposed to cold. J. Physiol., London. 306 : 323.
- Sauberlich, H.E., J.H. Skala y R.P. Dowdy. 1974. Laboratory Test for the Assessment of Nutritional Status. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Slee, J. y R. Halliday. 1968. Some effects of cold exposure, nutrition and experimental handling on serum free fatty acid levels in sheep. Anim. Prod. 10 : 67.
- Smith, R.W. y A. Walsh. 1982. Effects of pregnancy and lactation on the activities in sheep liver of some enzymes of glucose metabolism. J. Agric. Sci., Camb. 98 : 563.
- Snedecor, G.W. y W.G. Cockram. 1981. Métodos Estadísticos. Compañía Editorial Continental S.A. 8ª Edición. México.
- Snoswell, A.M. y G.D. Henderson. 1980. Carnitine and metabolism in ruminant animals. In: Frenkel y Mc Garry (Ed.). Carnitine Biosynthesis, Metabolism and Functions. Academic Press. New York. pp. 191.

- S.P.P.1981. México, Estadística Económica y Social por Entidad Federativa. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.
- Stoner, H.B., V.J. Cunningham, P.M. Elson y A. Hunt. 1975. The effect of diet, lipolysis and limb ischemia on the distribution of plasma tryptophan in the rat. *Biochem. J.* 146 : 659.
- Sykes, A.R. 1977. An assessment of the value of plasma urea nitrogen and albumin concentration as monitors of the protein status of sheep. In: D. Lister y N. G. Gregory (Ed.). *The Use of Blood Metabolites in Animal Production*. British Society of Animal Production. Occasional Publication N°1. pp 143.
- Treacher, R.J. 1977. Dietary protein levels and blood composition of dairy cattle. In: D. Lister y N.G. Gregory (Ed.). *The Use of Blood Metabolites in Animal Production*. British Society of Animal Production. Occasional Publication N°1. pp. 133.
- Trenkle, A. 1981. Endocrine regulation of energy metabolism in ruminants. *Fed. Proc.* 40 : 2536.
- Van den Berg, S.G. 1977. Abnormal lipid metabolism and production diseases. In: P.W.M. Van Adrichem (Ed.). *Proc. Third International Conference on Production Diseases in Farm Animals*. Center for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, Holanda. pp. 12.
- Van Dyne, G.M. y D.T. Torrel. 1964. Development and use of the esophageal fistula: a review. *J. Range Manag.* 17:7.
- Van Soest, P.J. 1982. *Nutritional Ecology of The Ruminant*. O&B Books. Corvallis, Oregon.
- Vera, R.R., J.G. Morris y Ling-Jung Koong. 1977. A quantitative model of energy intake and partition in grazing sheep in various physiological states. *Anim. Prod.* 25 : 133.
- Vernon, R.G. 1980. Lipid metabolism in the adipose tissue of ruminant animals. *Prog. Lipid Res.* 19 : 23.
- Vickery, P.J. 1981. An improved capacitance meter for estimating herbage yield. In: J.L. Wheeler y R.D. Mochrie (Ed.) *Forage Evaluation: Concepts and Techniques*. CSIRO. Australia. pp. 269.
- Watanabe, Y y I. Watanabe. 1981. Effects of fasting on lipid and fatty acid composition of plasma of goats. *Jpn. J. Zotech. Sci.* 52 : 1.

- Weekes, T.E.C., Y. Sasaki y T. Tsuda. 1983. Enhanced responsiveness to insulin in sheep exposed to cold. *Am. J. Physiol.* 244 : 335.
- West, C.E. y E.F. Annison. 1964. Metabolism of palmitate in sheep. *Biochem. J.* 92 : 573.
- Wolf, J.E. y E.N. Bergman. 1972. Gluconeogenesis from plasma aminoacids in fed sheep. *Am. J. Physiol.* 223:455.
- Yang, Y.T. y R.L. Baldwin. 1973. Lipolysis in isolated cow adipose tissue. *J. Dairy Sci.* 56 : 366.
- Zack, B., R.C. Dickerman y E.E. White. 1954. Rapid estimation of free and total cholesterol. *Am. J. Clin. Path.* 24 : 1307.