

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias



TESIS

“Validación de un modelo de predicción de digestión intestinal de ácidos grasos mediante una prueba de digestión con novillos canulados consumiendo dietas con tres niveles de grasa suplementaria”

Que para obtener el título de:

Médico Veterinario Zootecnista

Presenta:

David Canchola Santana

Director de Tesis:

MC Alejandro Plascencia Jorquera

Asesores:

MVZ Eduardo Arellano González

MC Alejandra López Soto

MC Víctor Manuel González Vizcarra

MVZ Dixie May García

Mexicali , Baja California

INVIERNO del 2005

Contenido

Lista de cuadros.....	i
Lista de Figuras.....	ii
Introducción.....	1
Revisión de literatura.....	3
Aceptabilidad.....	3
Digestibilidad y valor calórico.....	4
Material y métodos.....	13
Localización de área donde se llevo a cabo el estudio.....	13
Características de las unidades experimentales.....	13
Desarrollo experimental.....	13
Pruebas de laboratorio.....	15
Diseño experimental.....	16
Resultados y Discusión.....	17
Conclusiones.....	23
Literatura citada.....	24

Introducción

El valor energético de las grasas para bovinos de engorda es de 6.0 y 4.75 Mcal/kg de EN_m y de EN_g respectivamente (NRC, 1996). Esto es particularmente cierto cuando el consumo de grasa es menor a la proporción de 0.90 gramos de grasa por kg de peso vivo, puesto que ha consumos mayores, el valor de EN de la grasa empieza a declinar pudiendo representar sólo el 85% de su valor total (Zinn y Plascencia, 2002). El factor principal que influye en la disminución la digestibilidad intestinal de las grasas, y por lo tanto su valor energético, lo representa el nivel de lípidos consumidos. Al efecto, estudios recientes han correlacionado la digestibilidad intestinal de los ácidos grasos con el consumo de lípidos asociados al peso corporal (Wu et al., 1991; Zinn, 1994). Con relación a lo anterior, las ecuaciones de Wu et al. (1991) y Zinn (1994) concuerdan en que ambas indican una relación curvilínea de nivel de consumo de ácidos grasos (AG) y su digestibilidad intestinal. Sin embargo, comparada con el modelo propuesto por Zinn (1994) el cual fue desarrollado con novillos Holstein (peso < 250 kg), la ecuación de Wu et al. (1991) la cual fue desarrollada en vacas Holstein (peso > 500 kg), muestra un valor predictivo de digestión intestinal mayor al propuesto por Zinn (1994) a similar consumo de ácidos grasos. Lo anterior llevó a plantear la posibilidad de que a mayor peso del animal mayor el potencial de digestión y absorción de AG a nivel intestinal. Sin embargo, un estudio conducido por Plascencia et al. (2003) en el cual utilizaron en una prueba de digestión animales livianos (175 kg) y pesados (370 kg) se demostró la ausencia de interacción del peso del animal sobre la capacidad de digestión

intestinal de AG. Aún más, a diferencia de los modelos anteriores, la relación obtenida en ese estudio fue una relación lineal y atribuyeron dichos resultados a que el modelo propuesto consideraba un rango más amplio de niveles de AG consumidos (g/kg de PV), así como un mayor número de observaciones para cada nivel.

El modelo propuesto por Plascencia et al. (2003) no ha sido validado en estudios posteriores, por lo anterior el objetivo de este estudio es desarrollar una prueba de digestión para validar el modelo en forma directa, utilizando para ello novillos canulados con consumos de 3 niveles de grasa suplementaria.

Revisión de Literatura

La incorporación de grasas a raciones de crecimiento-finalización para rumiantes no es novedoso y pocos insumos han sido estudiados tan extensamente como aquéllas. En forma natural se hallan lípidos en cantidades pequeñas en las raciones a base de forrajes y granos ofrecidos a rumiantes en confinamiento. El uso de grasas adicionales en la dieta se fundamenta en factores tanto de manejo como nutricionales (Moore et al., 1986; Zinn y Oltjen, 1991). Con respecto a los factores de manejo, la grasa reduce los finos en la dieta y mejora la calidad del mezclado de los ingredientes de la ración. (Balconi, 1985; DePeters et al., 1989). En el aspecto nutricional, el valor de la grasa incluye una serie de consideraciones que van más allá del contenido energético *per se*. Los principales factores para considerar el valor nutricional de la grasa son: aceptabilidad, valor energético e interacciones asociativas con otros ingredientes y nutrimentos de la dieta.

Aceptabilidad. Las fuentes de grasa más utilizadas en las dietas de crecimiento-finalización son: 1) grasa animal (sebo vacuno, SV); 2) grasa amarilla (GA); 3) mezcla de aceite vegetal (AV) y 4) mezcla aceite animal-vegetal (MAV), éstas difieren en la composición de ácidos grasos y grado de saturación (Andrews et al., 1970). Un parámetro indicativo del grado de aceptación de las dietas cuando han sido adicionadas con grasa es el comportamiento de consumo. El efecto de rechazo a dietas suplementadas con grasas no es claro, ya que existen resultados de disminución (Hatch et al., 1972; Clapperton et al., 1983; Brosh et

al.,1989;) mejora, (Brandt et al.,1990;Bock et al.,1991) o sin cambios en consumo cuando se adiciona grasa a la dieta (Kryskl et al.,1991;Huffman et al.,1992;White et al.,1992). Por ejemplo, Zinn (1988) en un mismo experimento al suplementar 4% de grasa amarilla en dietas de finalización informó disminuciones de consumo en novillos Holstein, sin diferencias en consumo para Brahman. Al parecer existe mayor probabilidad de rechazo en dietas altas en humedad suplementada con grasas y esto es atribuido principalmente a cuestiones organolépticas, aunque el principal factor de disminución de consumo se presenta posiblemente, por una menor digestión de la fibra que en general acompaña a la suplementación de grasa y provoca una evacuación ruminal más lenta (Brooks et al.,1954;Bohman y Lesperance,1962;Devendra y Lewis,1974). Por otra parte, la mejoría en el consumo, indicada en algunos estudios, puede deberse a la disminución de finos en la dieta. De cualquier forma, la adaptación gradual a la grasa puede ser de beneficio al evitar la presentación de estos problemas Zinn (1987).

Digestibilidad y valor calórico. El valor de la energía bruta (EB) para las grasas es de 9.4 Kcal/g; sin embargo, el valor combustible "utilizable" por los tejidos debe de considerarse a partir de su digestibilidad. En rumiantes la capacidad de digestión de grasa a nivel intestinal es menor que en las especies no rumiantes (AFOA,1988), lo anterior se debe a que las grasas ingeridas son hidrolizadas a nivel ruminal en ácidos grasos de cadena larga (AGCL) y glicerol, el cual se convierte en propionato, y los AGCL son biohidrogenizados hasta en 85% por los microorganismos ruminales (Cook et al.,1970;Hawke et al.,1970;Chang et

al.,1986) de tal forma que los AGCL que ingresan a duodeno son principalmente de cadena par formados por palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1) y linoleico (C18:2), en el cual la mayor proporción la representan los saturados (>75%) (Palmquist y Jenkins,1980;White et al.,1987;Byers y Shelling,1988) y la digestibilidad de los ácidos grasos (AG) saturados es menor debido a que son menos hidrofílicos y esto dificulta la formación de micelas con los ácidos biliares (Lennox y Garton,1968;Cera et al.,1989;Jenkins y Jenny,1989) De cualquier forma, según el (NRC,1984) la digestibilidad de las grasas utilizadas en dietas para bovinos de engorda es de 83%. Lo anterior debe considerarse cuidadosamente ya que la digestibilidad de las grasa es muy variable. Por ejemplo, estudios iniciales de Esplin et al. (1963) no muestran diferencias en la digestibilidad para cebo y aceite mezcla animal-vegetal (93 y 91%, respectivamente) cuando fueron suplementados a nivel de 4% a dietas con 70% de concentrado. Por otro lado, Roberts y McKirdi (1964) indican digestibilidades de 90% para cebo y 68% para aceite de semilla de girasol. De igual forma parámetros de digestibilidad de distintas fuentes de grasa (ajustados para lípidos excretados de la dieta) han resultado en 70, 83 y 85% para aceite de maíz, aceite de soya y grasa animal respectivamente (AFOA, 1988). Más aún, (Macleod y Buchanan-Smith, 1972) señalan digestibilidad de 34% para grasa animal hidrogenada. Las condiciones para la variación de la digestibilidad de las grasas no son claras aún. Dentro de los factores a considerar que afectan la digestibilidad de las grasas está su composición química (punto de fusión) (Macleod y Buchanan-Smith,1972) y la forma en que ésta es suplementada (Plascencia et al.,

2001; Plascencia y Zinn, 2002). Zinn et al. (1986) indica una mejora en la digestibilidad de la grasa de 3.2% (74.1% vs 71.7%) cuando ésta fue agregada en forma primaria al grano y después mezclada con el resto de los ingredientes, comparado con la adición de la grasa en el paso final del mezclado. Sin embargo, al parecer el principal factor que afecta la digestibilidad de la grasa es el nivel de suplementación (Palmquist y Conrad, 1980; Ngidi et al.,1990; Coppock y Wilks,1991). Lo anterior se fundamenta en los resultados de diversas investigaciones; por ejemplo Zinn (1989a), demostró una disminución de la digestibilidad intestinal de grasa amarilla en forma lineal con el nivel de suplementación (83, 81 y 74% para 0, 4 y 8% de grasa suplementaria, respectivamente), calculando una disminución de la digestibilidad de la grasa en 3.4% por cada unidad porcentual por encima de 4% de suplementación. De igual forma Palmquist (1991) observó que la digestibilidad de ácidos grasos disminuía de 100% con nivel de suplementación de 1%, hasta 78% con suplementación de 8%. Lo anterior concuerda con los estudios de Palmquist y Conrad (1980) quienes indican que a niveles moderados de suplementación (por debajo de 5%) la digestibilidad verdadera de la grasa es aproximadamente de 80%, más si se agrega la grasa por encima de ese nivel se digiere menos eficientemente (56%). Wu y Palmquist (1991), determinaron que la reducción de la digestibilidad total de AG se debía principalmente por el efecto negativo de la digestibilidad del ácido esteárico (C18:0) cuando la grasa fue suplementada por encima del 3% (70% vs 59%), datos similares al 75% y 59% de digestibilidad para C18:0 obtenidos por

Zinn et al. (1992) en dietas con 90% de concentrados suplementados con 0% y 6% de sebo.

Se ha determinado una correlación negativa de la cantidad de lípidos consumidos (g/kg de peso corporal) contra la digestibilidad a nivel intestinal, uno de ellos es el propuesto por Zinn (1994) en el cual es expresado a través del modelo de regresión $Y = 83.18 - 4.52X - 0.68X^3$ ($R^2=.95$, $n=20$), donde Y = digestibilidad intestinal (%) y X = lípidos consumidos (g/kg de peso corporal), esta correlación implica que sin afectar su digestibilidad el consumo para lípidos en dietas de finalización es de 1.6 g/kg de peso corporal. Mientras que Plascencia et al. (2003) utilizan la cantidad de ácidos grasos consumidos (AGC) bajo el siguiente modelo: $Y = 87.56 - 8.591X$ ($R^2=.89$, $n=23$), donde Y = digestibilidad intestinal de ácidos grasos (%) y X = AGC, g/kg de peso corporal. Lo anterior es un posible indicativo de que la principal limitante de la digestibilidad intestinal de los ácidos grasos sucede cuando la cantidad de los lípidos o ácidos grasos que llega a duodeno sobrepasa la capacidad enzimática intestinal y, por consiguiente, su absorción. Al considerar que la forma de evaluar la digestibilidad se basa no sólo en el potencial de digestión del nutrimento en el organismo, sino básicamente de su potencial de absorción a nivel de tracto gastrointestinal, es importante que se considere esta limitante cuando se presentan niveles altos de suplementación Merchen (1988). Con ese fin se han indicado cantidades potenciales límite de absorción de lípidos de 0.53 a 0.55 kg.d⁻¹ en novillos de 325 kg de peso (1.7 g de lípidos consumidos/kg de PV) alimentados a base de pajas; (Moore et al.,1986)

0.413 kg.d⁻¹ en novillos de 258 kg de peso (1.6 g de lípidos consumidos/kg de PV) alimentados con dietas de finalización (>85% de concentrados) Zinn et al.(1993) . Por otra parte, se han determinado valores de digestibilidad para ácidos grasos de 75 y 66% para consumos 1.6 a 2.14 g de AG/kg de peso corporal para novillos con dietas de finalización y de 71% de utilización máxima de AG para vacas en lactación que consumen de 1000 a 2000 g de grasa por día (1.7 - 3 g de lípidos consumidos/kg de PV; Wu et al., 1993).

Al considerar el valor energético de las grasas, es importante que se tome en cuenta lo expuesto con anterioridad sobre todo cuando éstos son calculadas a partir de su digestibilidad tal como lo hace el NRC (1984) ya que los valores para la energía metabolizable (EM), la energía neta de mantenimiento (EN_m) y la energía neta de ganancia (EN_g) se obtienen mediante ecuaciones de regresión que predicen a partir de la energía digestible (ED) la eficiencia parcial del contenido de energía neta (EN). La forma de cálculo de contenido de la EN para los insumos de acuerdo con el NRC (1984) se estima de la siguiente forma: Al considerar que el contenido de ED de la grasa es 7.8 Mcal/kg [(EB x digestibilidad) = (9.4 x .83) = 7.8 Mcal/kg], los valores de EM, EN_m, y EN_g son calculados a partir de las siguientes ecuaciones:

$$EM \text{ (Mcal/kg)} = .82ED \text{ (NRC, 1984)}$$

$$EN_m \text{ (Mcal/kg)} = 1.37EM - 0.138EM^2 + 0.0101EM^3 - 1.12 \text{ Garret (1980)}$$

$$EN_g = 1.42EM - .174EM^2 + .0122EM^3 - 1.65 \text{ Garret (1980)}$$

De esta forma, al aplicar el valor de 7.8 Mcal/kg de ED, los cálculos de las EM, EN_m y EN_g equivalen a 6.4, 4.75 y 3.51 Mcal/kg, respectivamente.

De acuerdo a los cálculos anteriores corresponde una eficiencia parcial de utilización de ED a EM de 82% y una eficiencia parcial de utilización de EM a EN_g (EN_g/EM) de 55%; por lo que el valor energético de la grasa para NRC (1984) se basa principalmente en el parámetro de digestibilidad y sus correlaciones "presumibles" para el contenido de EN. En ese sentido, para determinar el valor calórico de la grasa deben considerarse los efectos "extragrasa" que suceden cuando ésta se suplementa a las dietas. Los efectos principales son cambios en la fermentación ruminal tales como la disminución de la proporción de acetato y aumento del propionato (Horton,1981;Boogs et al.,1990;Cleary et al.,1993), con disminución de la producción de CH_4 (Czerkawski et al.,1966;Czerkawski,1973;Dinius et al.,1976), así como el bajo incremento calórico que representa su fermentación y metabolismo (Lofgreen et al.,1972;Baldwing et al.,1980;Zinn y Morrison,1984) y disminución de NH_3 con mayor retención de nitrógeno, (Leat y Harrison,1974;White et al.,1987) Este tipo de cambios favorecen una situación energética ventajosa para el rumiante, ya que se traducen invariablemente en una mejora en eficiencia en conversión alimenticia (consumo/ganancia) en un 5-8% (Haaland et al.,1981;Brandt y Anderson,1990;Brandt et al.,1992) la cual no está contemplada en las ecuaciones originales, por lo que las determinaciones derivadas por el NRC (1984) son inexactos en el caso particular de grasa. En primera instancia resultados de

estudios en los últimos años indican que el valor de digestibilidad de las grasas es aproximadamente de 77% (Plascencia y Zinn, 1996) cifra menor al 83% indicado por el NRC (1984); y esto puede explicarse por el desarrollo de técnicas cada vez más precisas para realizar dichas determinaciones. Por otro lado, la eficiencia parcial de utilización de ED a EM puede ser mayor al 82% expresado por el NRC (1984), ya que considera la correlación existente entre ambas energías como $EM = ED - \text{consumos gaseosos de digestión (CH}_4\text{)}$, y cuando es agregada la grasa a dietas de finalización se observa una disminución de 20% al 30% en la producción de metano, (Zinn et al.,1988;Zinn y Placencia,1992;Zinn,1992) por lo tanto, la eficiencia parcial de ED a EM puede alcanzar el 88%. Aunado a las consideraciones anteriores se han indicado valores observados en la eficiencia parcial de EM a EN_g para grasa en 77% $[(72 + 82)/2]$ (Czerkawski et al., 1975; Garret et al.,1976).

En virtud de que la grasa aporta 9.4 kcal/g de EB, y asumiendo una digestibilidad promedio observada de 77% (Cuadro 2), y de eficiencias parciales de utilización de ED a EM en 88% y de 77% para eficiencia parcial de EM a EN_g , entonces se puede calcular el valor teórico de el valor de EN_g de la grasa a partir de la siguiente ecuación:

$$EN_g \text{ (mcal/kg)} = EB \times .77 = ED \times .88 = EM \times .77$$

Donde : EB = energía bruta (9.4 mcal/kg)

.77 = coeficiente de digestibilidad

ED = energía digestible

.88 = eficiencia parcial de ED a EM

EM = energía metabolizable

.77 = eficiencia parcial de EM a ENg

Resultando teóricamente un valor de ENg para grasa de 4.90 mcal/kg, aunque la eficiencia para mantenimiento y ganancia puede aumentar con la tasa de crecimiento y estado fisiológico (NRC, 1984).

En novillos en crecimiento-finalización el incremento de peso constituye un indicador seguro de la energía retenida (ER), por lo que al conocer el consumo y la ganancia de peso obtenido durante la prueba se puede calcular el valor energético de una dieta (Zinn et al., 1987), derivado de lo anterior se puede determinar mediante la técnica de reemplazo el valor energético de un insumo en particular, sin embargo ambas determinaciones se realizan asumiendo constantes. En el primer caso la energía que el animal requiere para mantenimiento se considera como el gasto expresado en mcal/d calculado como $0.77 \times W$ (Zinn et al., 1988), donde W es el peso expresado en kg (NRC, 1984); en el segundo, la técnica de reemplazo asume los valores de energía del ingrediente testigo sustituido por el ingrediente prueba de acuerdo con el valor tabular de NRC (1984). Lo anterior lleva a la posibilidad que cuando se evalúan insumos que tienen efectos sobre fermentación o metabolismo de los nutrimentos que reflejan una situación positiva en términos de eficiencia energética, puedan ser sobreestimados. Esto puede explicar en parte la variación considerable en las

determinaciones del valor nutritivo de las grasas. Aún así, la técnica de reemplazo resulta en una valoración dada por observación directa del comportamiento productivo del animal, por lo que los datos generados tienden a ser mas precisos, y cuando el valor energético de las grasas ha sido evaluado mediante esta técnica el contenido energético ha promediado en 4.58 mcal/kg de ENg, valor muy cercano a las 4.90 mcal/kg resultante de la correlaciones de digestibilidad y eficiencias parciales de energía para grasas mencionadas anteriormente. Aunque los cambios en las proporciones molares de acetato y propionato con la consecuente disminución de metano son considerados los principales factores que provocan un incremento en la eficiencia energética que se traduce en mejor comportamiento productivo en la engorda (Boiling et al.,1977;Bartley et al.,1979;Berguen y Bates,1984), la adición de grasas a la dieta no siempre causa cambios en la fermentación (Jenkins y Jenny,1989;Bock et al.,1991), esto ocurre generalmente cuando aquella contiene poco más de 40% de forraje. Bajo estas circunstancias el valor de contenido energético de las grasas evaluadas puede tender a ser menor.

Materiales y Métodos

Localización del área donde se llevó a cabo el estudio.

El estudio con duración de 42 días se realizó en la unidad para conducción de pruebas de digestión y metabolismo del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la UABC localizado en el Fraccionamiento Campestre situado en la carretera Mexicali- San Felipe a la altura del km. 2.5. El estudio se realizó en el mes de octubre y noviembre del año 2003.

Características de las unidades experimentales

Tres novillos Holstein de 200 kg de peso y habilitados con cánulas en duodeno proximal (a 6 cm del esfínter pilórico; Zinn y Plascencia, 1993) y canula en duodeno descendente a 10 cm de la desembocadura del conducto biliar (de acuerdo a procedimiento desempeñado por Gonzalez Vizcarra et al. (2003a,b). Los novillos tuvieron 3 semanas de acondicionamiento antes de empezar el estudio.

Desarrollo experimental

Los novillos fueron asignados a corraletas individuales de 2 x 3 m con piso de concreto, bebedero automático y comedero individual. Los tratamientos consistieron en niveles de grasa amarilla incluida en 0, 4, 8%. Las características de las dietas experimentales se muestran en el cuadro 1. Se

adicionó 0.4% de óxido crómico a las dietas como marcador de flujo duodenal de MS y producción fecal. El consumo individual se restringió a 4.2 kg/d (base MS).

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales

Concepto	1	2	3
Ingredientes, % (Base MS)			
Alfalfa, heno	6.00	6.00	6.00
Sudán, heno	6.00	6.00	6.00
Maíz en hojuela	78.75	74.75	70.75
Grasa	0.00	4.00	8.00
Melaza	6.00	6.00	6.00
Urea		0.65	0.65
Roca caliza	1.50	1.50	1.50
Sal mineralizada ^a	0.40	0.40	0.40
Oxido de Magnesio	0.20	0.20	0.20
Oxido de cromo	0.40	0.40	0.40
Composición nutrimental, Base MS			
EN, Mcal/kg			
EN _m	2.12	2.27	2.51
EN _g	1.48	1.59	1.79
Proteína cruda, %			
Extracto etéreo, %	3.65	7.45	11.41
Calcio, %	.76	.74	.72
Fósforo, %	.28	.27	.27
Potasio, %	1.20	1.20	1.20

^a Contenido de la sal mineralizada : CoSO₄, 0.068%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄ 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO₄, 1.07%; KI, 0.052%; y NaCl, 92.96%. ^b Premezcla mineral conteniendo: CoSO₄, 0.68%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%, ZnO .75%; MnSO₄, 1.07%; KI .052% y NaCl, 93.4%

^c Calculado en base a los valores tabulares de la NRC (1996) para cada uno de los ingredientes .

El experimento constó de 3 períodos de 14 d cada uno, los primeros 10 d de cada periodo se adaptaron los novillos a las dietas experimentales, mientras que en los últimos 4 d de cada periodo, a cada animal se le realizaron la recolección de las muestras, que consistió en un par de muestras duodenales, y fecales distribuidos de la siguiente manera: d 1, a las 0750 y 1350 h; d 2, a las 900 y 1500 h; d 3, 1050 y 1650 h y d 4, 1200 y 1800 h. Las muestras individuales consistieron en 750 mL de líquido duodenal y 200 g de heces (base húmeda). Las muestras de cada novillo en cada periodo de colección se mezclaron con el propósito de formar una mezcla compuesta y se congelaron a -20°C para análisis posteriores.

Pruebas de laboratorio

A todas las muestras de alimento y digesta se le realizaron los siguientes análisis: MS (estufa 105° C hasta que ya no pierda peso), cenizas (AOAC, 1986), óxido crómico (Hill y Anderson, 1958), ácidos grasos (Sukhija y Palmquist, 1988), el contenido y la composición de ácidos grasos fue determinado por cromatografía de gases (Autosystem XL Perkin Elmer) en columna capilar de sílice (d.i. 0.32 mm, 30 m), la temperatura del horno 130 a 190°C y las temperaturas de 210 y 220° C para inyector y detector respectivamente. El estándar interno utilizado fue ácido margárico (C17:0; REM-6 , Suppleco Inc.)

Diseño experimental

El experimento fue analizado como un diseño de cuadrado Latino 3x3 (Hicks, 1973), los contrastes se realizaron de la siguiente forma: 1) suplementación con grasa vs. no suplementado, 2) componente linear y componente cuadrático de nivel de grasa sobre digestibilidad postruminal de AG. Las medias de los tratamientos se compararon por el procedimiento de DMS.

La validación de la ecuación de predicción desarrollada por Plascencia et al. (2003) se determinará de la siguiente forma:

Coeficiente de precisión = VPD/VOD

Donde:

VPD = valores predictivos de digestibilidad obtenidos con la ecuación de Plascencia et al. (2003) a través del consumo observado de ácidos grasos y

VOD = Valores de digestibilidad observados a través de la prueba de digestión.

Resultados y Discusiones

Los efectos de los tratamientos sobre el flujo y la digestión de ácidos grasos se muestran en el cuadro 2. Al no existir diferencias en el consumo de materia seca entre los tratamientos (4.6 ± 0.056 kg/d), el consumo individual de los ácidos grasos variaron según el contenido de ácidos grasos en las dietas. El flujo de ácidos grasos al intestino delgado fue 103, 107, y 107 % del consumo observado para los niveles de 0, de 4, y del 8% de la grasa suplementaria, respectivamente, las diferencias negativas entre el consumo de lípidos contra el flujo duodenal de los ácidos grasos reflejan síntesis microbiana en rumen (Klusmeyer y Clark, 1991; Pantoja et al., 1996; Ramirez y Zinn, 2000).

Como se esperaba la digestión intestinal de los ácidos grasos no saturados no fue afectada ($P > 0.10$) por el nivel del consumo, resultando en promedio de 85 y de 87% para C18:1 y C18:2, respectivamente. Estudios anteriores han divulgado resultados similares (Enjalbert et al., 2000; Zinn et al., 2000; Avila et al., 2000). A pesar de no detectar diferencias estadísticamente significativas en la digestión intestinal de los ácidos grasos saturados (C16:0 y C18:0), un efecto negativo sobre la digestibilidad (12.6 y 15.2%; $P > 0.20$ para el nivel de 4 y del 8%, respectivamente) fueron observados con respecto a los ácidos grasos no saturados. Por otra parte, la disminución en la digestión posruminal con el aumento del nivel del consumo resultó 109% mayor para C18:0 que para C16:0 (consistente con el concepto de que la digestión intestinal de los ácidos grasos saturados disminuye con el aumento de la longitud de cadena; Steele y Moore, 1968; Zinn, 1989b).

En dietas suplementadas con niveles moderados de grasa (<5%) se detecta generalmente una digestibilidad 5% menor para C18:0 comparado con C16:0 (Bauchart, 1993). Sin embargo, esa diferencia se ve aumentada a medida que se incrementa el consumo de grasa por encima de 5% (Plascencia et al., 2003). Además, mientras que C18:0 constituyó solamente del 15 al 20% del total de ácidos grasos consumidos, representó del 48 al 52% del total del flujo de ácidos grasos al intestino delgado (Cuadro 2). Por lo tanto, cuando la digestibilidad de ácidos grasos totales fue relacionada contra la digestibilidad observada de C18:0, la disminución en la digestión de C18:0, como resultado del aumento del consumo de ácidos grasos, explicó el 85% de la depresión en la digestión intestinal de los ácidos grasos totales observada en este estudio. Otros investigadores informan resultados parecidos cuando compararon fuentes de grasas comparables a niveles de suplementación similares a este estudio (Plascencia et al., 1999, 2003; Zinn et al., 2000). Sin embargo, una delimitación de los estudios de metabolismo de esta naturaleza, es que no se toma en consideración el potencial de la biohidrogenación de ácidos grasos no saturados en la zona intestinal más baja. En la medida de que el C18:1 que transita en intestino distal sea hidrogenado a C18:0 antes de la excreción en las heces, la digestión intestinal de C18:1 y de C18:0 puede ser sobrestimada y subestimada, respectivamente. La digestión posruminal de los ácidos grasos totales disminuyó (el componente lineal, $P < 0.07$) con el aumento del nivel de la suplementación, resultando en un promedio de 82.7, de 78.6, y de 72.63% para el nivel de 0, de 4, y del 8% de suplementación, respectivamente. De acuerdo a lo mencionado

Cuadro 2. Influencia del nivel de grasa sobre al digestión de ácidos grasos

Concepto	Grasa amarilla adicionada, %			EEM
	0	4	8	
Novillos	3	3	3	
Consumo MS, g/d	4586	4616	4613	
Consumo de AG, g/d				
C16:0	25.3	88.5	104.5	
C18:0	4.2	46.2	56.7	
C18:1	36.7	164.9	240.3	
C18:2	54.6	54.2	39.4	
Total	109.6	228.9	369	
AG consumidos, g/kg PV	0.51	1.07	1.72	
Flujo de AG a duodeno, g/d				
C16:0 ^a	19.45	45.0	75.32	4.7
C18:0 ^a	52.8	117.6	206.5	9.7
C18:1 ^b	24.7	63.0	129.9	17.4
C18:2 ^a	12.2	15.3	18.3	0.4
Total de AG ^a	112.8	245.4	394.0	9.4
Excreción fecal, g/d				
C16:0 ^c	3.96	8.56	20.57	2.3
C18:0 ^c	10.5	31.0	67.8	0.6
C18:1 ^b	2.9	9.3	23.1	3.6
C18:2	1.2	1.7	3.0	0.4
AG totales ^a	22.4	58.4	115.9	3.6
Digestión Posruminal, %				
C16:0	79.5	79.9	72.6	4.3
C18:0	79.2	72.2	67.7	4.7
C18:1	87.4	88.8	86.5	2.0
C18:2	90.2	88.5	81.9	1.9
Total de AG ^b	82.7	78.6	72.6	1.9

^a Efecto de suplementación de grasa (lineal, $P<0.01$).

^b Efecto de suplementación de grasa (lineal, $P<0.10$).

^c Efecto de suplementación de grasa (lineal, $P<0.05$).

anteriormente, se ha demostrado que la digestión posruminal de los ácidos grasos es en gran parte una función del consumo total de ácidos grasos (Zinn, 1994). De manera similar, Plascencia et al. (2003) observaron una relación cercana ($R^2 = 0.89\%$) entre el consumo total de ácidos grasos (FAI, g/kg BW) y la digestión posruminal de ácidos grasos expresado en la siguiente ecuación: Digestión del ácidos grasos (%) = $87.560 - 8.591\text{FAI}$; $R^2 = 0.89$ ($P < 0.01$). Aplicando la tasa de consumo observado de ácidos grasos (cuadro 2) a la ecuación de Plascencia et al. (2003) resultan digestibilidades esperadas de 83.2, 78.3 y 72.8%; como se indicó previamente, los valores observados para digestibilidad intestinal de los ácidos grasos fueron de 82.7, de 78.6, y de 72.63% para el nivel de 0, de 4, y del 8% de suplementación, respectivamente. Dividiendo lo observado entre lo esperado se puede obtener el grado de precisión en la predicción (ver sección de materiales y métodos) resultando que la digestión posruminal observada de los ácidos grasos fue 1.01, 0.99 y 1.00 de valores previstos para los niveles de grasa de 0, 4 y 8%, respectivamente (fig 1). Dado que un gramo de grasa digerido en intestino (GDI) tiene un valor de 9 Kcal (100% de su valor fisiológico combustible); y la eficiencia parcial de la utilización de la energía metabolizable (EM) de la grasa alimenticia para la ganancia corporal es de 67% (Czerkawsky et al., 1966; Garrett, 1980; Zinn, 1994), entonces, el valor de EN_g de la grasa alimenticia se puede calcular como $\text{GDI} \times 6.03$ Kcal/g. Por consiguiente, aplicando los valores de la digestibilidad observados aquí, entonces los valores de NE_g para la grasa amarilla usada en

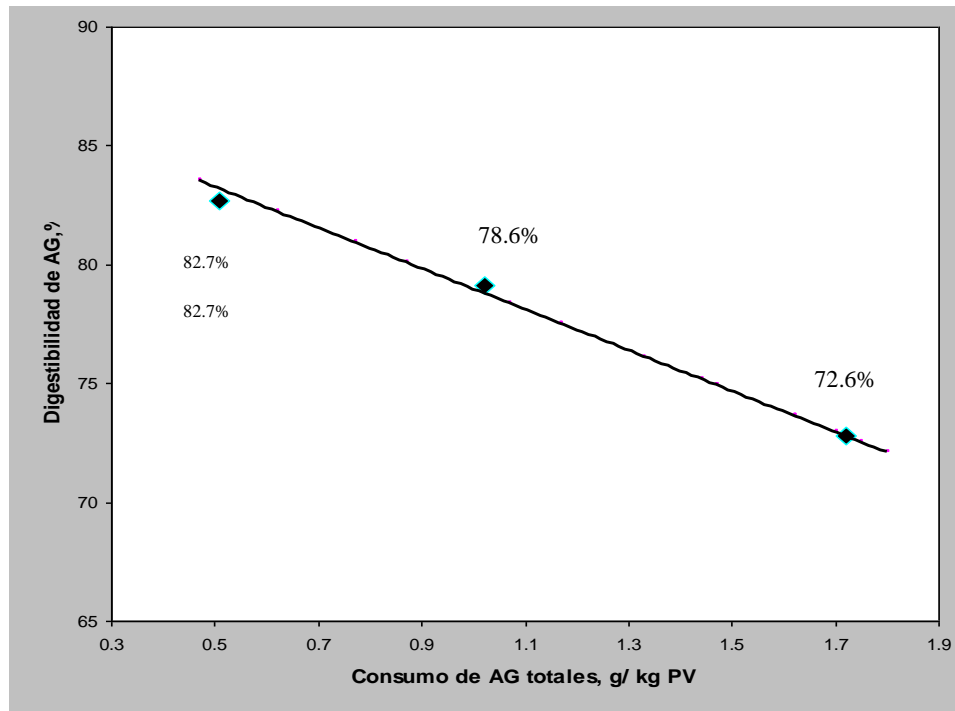


Figura 1. Comparación entre los valores observados en el presente estudio y los valores de predicción de digestión intestinal de ácidos grasos utilizando el modelo de Plascencia et al.(2003) en función del consumo total de AG observado.

este estudio resultó en 4.74 y 4.38 Mcal/kg para el 4 y el 8% del nivel de suplementación respectivamente.

De acuerdo a lo anterior los valores correspondientes a la EN_m son de 5.87, y 5.46 Mcal/kg, para los niveles del 4 y 8% [donde $NE_m = (NE_g + 0.41)/0.877$; derivado del NRC, 1984]. Así, los valores del NE obtenidos para la grasa amarilla suplementada en los niveles de 4, y el 8% de la materia seca de la dieta (consumo de los ácidos grasos = 1.07, y de 1.72 g/kg BW) fueron de 98 y 91% del valor tabular especificado por la NRC (1996).

Conclusiones

La digestión intestinal de los ácidos grasos es una función predecible del nivel de consumo de ácidos grasos por unidad de peso corporal.

La disminución de la digestibilidad de los ácidos grasos a niveles altos de consumo es debido principalmente a la disminución en la absorción de los ácidos grasos saturados (C16:0 y C18:0).

Los cambios en la digestibilidad intestinal de los AG son la principal fuente de variación del valor energético de las grasas alimenticias

La ecuación de Plascencia et al. (2003) tuvo un alto valor predictivo para la digestión intestinal de 3 AG considerando el consumo de AG totales por unidad de peso corporal.

Literatura Citada

AFOA. 1988. Trading and Arbitration Rules. American Fats and Oils Association, Inc. New York.

AOAC. 1986. Official methods of analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Andrews, R.J., and D. Lewis. 1970. The utilization of dietary fats by ruminant I. The digestibility of some commercially available fats. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 75:47.

Avila, C.D., E.J. DePeters, H. Perez-Monti, S.J. Taylor, and R.A. Zinn. 2000. Influences of saturation ratio of supplemental dietary fat on digestion and milk yield in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83:1505-1519.

Balconi, I.R. 1985. Aceites usados en la industria de alimentos balanceados. Simposio sobre Tecnología Nutricional en la Fabricación de Alimentos. Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal. 87-94.

Baldwing, R.L., N.E. Smith, J. Taylor, and M. Sharp. 1980. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. *J. Anim. Sci.* 51: 1416-1424.

Bartley, E.E., E.L. Herod, R.M. Bechtel, D.A. Sapienza, and B.E. Brent. 1979. Effects of the monensin or lasalocid, with or without niacin or ampicillin on rumen fermentation and feed efficiency. *J. Anim. Sci.* 49: 1066-1075.

Bauchart, D. 1993. Lipid absorption and transport in ruminants. *J. Dairy Sci.* 76:3864-3881.

Berguen, W.G. and D.B. Bates. 1984. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. *J. Anim. Sci.* 58: 1465-1483.

Bock, B.J., D.L. Harmon, R.T. Brandt Jr. and J.E. Schneider. 1991. Fat source and calcium level effects on finishing steers performance, digestion, and metabolism. *J. Anim. Sci.* 69:2211

Bohman, V.R. and A.L. Lesperance. 1962. Effect of the dietary fat on digestion and blood composition of cattle. *J. Anim. Sci.* 9: 1-5.

Boiling, J.A., N.W. Bradley, and L.D. Campbell. 1977. Monensin levels for growing and finishing steers. *J. Anim. Sci.* 44: 867-871.

- Boogs, D.L. Berguen, W.G and Hawkins, D.R. 1990. Effect of tallow supplementation, microbial synthesis and site of digestion. *J. Anim. Sci.* 68: 2208-2216.
- Brandt, J.r. R. T., and S.J. Anderson.1990. Supplemental fat source affects feedlot performance and carcass traits of finishing yearling steers and estimated diet net energy value. *J.Anim.Sci.*68:2208.
- Brandt, J.R. R.T., G.E. Khul, R.E. Campbell, C.L. Kaster, and S.L. Stroda. 1992. Effects of steam- flaked sorghum grain or corn and supplemental fat on feedlot performance, carcass traits, longissimus composition, and sensory properties of steers. *J. Anim. Sci.* 70: 343-348.
- Brooks, C.C., W.G. Garner, C.W. Gehrke, M.E. Muhrer, and W.H. Pfander. 1954. The effect of added fat on the digestion of cellulose and protein by ovine rumen microorganisms. *J. Anim. Sci.* 13: 758-763.
- Brosh, A., Z. Holzer, and D. Levy. 1989. Cottonseed for protein and energy supplementation of high-roughage diets for beef cattle. *Anim. Prod.* 48:513.
- Byers, F.M. and G.T. Shelling. 1988. Lipids in ruminant nutrition. In : *The ruminant Animal: Digestive physiology and nutrition.* Edited by: Church, D.C. 298-312.
- Cera, K.R., D.C. Mahan, and G.A. Reinhart. 1989. Apparent fat digestibilities and performance responses of postweaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn oil or tallow. *J. Anim. Sci.* 67: 2040-2047.
- Clapperton, J.L., and W. Steele. 1983. Effect of concentrates with beef tallow on food intake and milk production of cows fed grass silage. *J. Dairy Sci.*66:1032
- Chang, P., C.A. Sturdivant, L.W. Greene, D.K. Lunt, and S.B. Smith. 1986. Fatty acid absorption of cattle fed diets containing high-oleate sunflower seed. *J. Anim. Sci.* 72: 547-548.
- Cook, L.J. and T.W. Scott. 1970. Protection of dietary polyunsaturated fatty acid from ruminal microbial hydrogenation. *Prod. Austr. Biochem. Soc.* 3 93.
- Cleary, E.M., R.T. Brandt , Jr., D.L. Harmon, and T.G. Nagaraja. 1993. Supplemental fat and ionophores in finishing diets: Feedlot performance and ruminal digesta kinetics in steers.*J.Anim. Sci.*71:3115.
- Coppock,C.E., and D.L.Wilks.1991.Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows:Effects on intake, digestion,milk yield, and composition. *J. Anim. Sci.* 69:3826.

Czerkowsky, J. W., L. Blaxter, and F. W. Wainman. 1966. The metabolism of oleic, linoleic and linolenic acids by sheep with reference to their effects on methane production. *Br. J. Nutr.* 20:349-361.

Czerkowsky, J.W. 1973. Effect of linseed oil fatty acids and linseed oil on rumen fermentation in sheep. *J.Agric. Sci.(Camb.)*81:517.

Czerkowsky, J.W. 1975. Changes in the rumen metabolism on sheep given increased amount of linseed oil in the diet. *Br. J. Nutr.* 34:25-35

Czerkowsky, J.W., K.L. Blaxter, and F.W. Wainman. 1966. The metabolic oleic, linoleic and linolenic acids by sheep with reference to their effects on methane production. *Br. J. Nutr.* 20: 349-356.

Devendra, C.A. and D. Lewis. 1974. The interaction between dietary lipids and fiber in the sheep. *Anim. Prod.* 19: 67-76.

DePeters, E.J., K.D. Ranger, M.K. Pontius, L.C. Hart, B.K. Hamilton, T.M. Shel, and S.J. Taylor. 1989. Comparison of added fats in diet of lactating dairy cows. *Calif. Agric.* 43:22

Dinius, D.A., M.E. Simpson, and P.B. Marsh. 1976. Effects of monensin fed with forage on digestion and the ruminal ecosystem of steers. *J. Anim. Sci.* 42: 229-234.

Enjalbert, F., M.C. Nicot, C. Bayourthe, and R. Moncoulon. 2000. Effect of duodenal infusion of palmitic, stearic or oleic acids on milk composition and physical properties of butter. *J. Dairy Sci.* 83:1428-1433.

Esplin, G., W.H. Hale, F. Hubbert, Taylor Jr. 1963. Effect of animal tallow and hydrolyzed vegetable and animal fat on ration utilization and rumen volatile fatty acids production with fattening steers. *J. Anim. Sci.* 22:695.

Garret, W.N. 1976. Influence of rumensin on energy utilization of corn and barley diets. *Calf. Feeders Day Rep.* 21-26.

Garret, W. N. 1980. Energy utilization of growing cattle as determined in seventy-two comparative slaughter experiments. Page 3 in *Energy Metabolism*. Butterworths, London, England.

Gonzalez, V.M., E.G. Arellano, G. Mendoza, F.J. Monge, A. Plascencia, E. Silva-PeZa, C. Vazquez, and R.A. Zinn. 2003. Relative transit time of chyme between duodenal and jejunal segments of the small intestine of cattle. *J. Anim. Sci.* 81:275 (Abstr.).

Haaland, G.L., J.K. Matsushima, D.E. Johnson, and G.M. Ward.1981.Effect of replacement of corn by protected tallow in a cattle finishing diet on animal performance and composition.J.Anim.Sci. 52:391.

Hatch, C.F., T.W. Perry, M.T. Mholer, and W.M. Beeson.1972. Effect of added fat with graded levels of calcium to urea containing rations for beef cattle. J. Anim. Sci.34:483.

Hawke, J.C. and W.R. Silcock.1970. The in vitro rate of lipolysis and byohydrogenation in rumen contents. Acta Biochem. Byophys. 218: 201-212.

Hicks, C. R. 1973. Fundamental concepts in the design of experiments. Holt, Rinehart and Winston, New York.

Hill, F. N., and D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive determinations with growing chicks. J. Nutr. 64:587-603.

Horton, G.M. 1981. Manipulating energy metabolism in sheep exposed to cold. Am. J. Vet. Res. 42: 146-148

Huffman, R.P., R.A. Stock, H.M. Sindt, and D.M. Shain. 1992. Effect of fat type and forage level on performance of finishing cattle. J. Anim. Sci. 70:3889.

Jenkins, T.C. and B.F. Jenny. 1989. Effect of hydrogenated fat on feed intake, nutrient digestion and lactation performance of dairy cow. J. Anim. Sci. 72: 2316-2324.

Kryskl, L.J., M.B. Judkins, and V.R. Bhoman. 1991. Influence of ruminal fermentation, site and extent of digestion, and microbial protein synthesis in beef heifers consuming grass hay. J. Anim. Sci. 69: 2585-2590.

Klusmeyer, T. H., and J. H. Clark. 1991. Effects of dietary fat and protein on fatty acids flow to the duodenum and milk produced by dairy cows. J. Dairy Sci. 74:3055-3067.

Leat, W.M. and F.A. Harrison. 1974. Digestion, absorption and transport of lipids in the sheep. Proceedings of the IV International Symposium on Ruminant Physiology. Sydney, Australia. 485 - 494.

Lennox, A.M. and G.A. Garton. 1968. The absorption of longchain fatty acids from the small intestine of the sheep. J. Anim. Sci. 22: 247-259.

Lofgreen, G.P. 1972. Formulating rations for high environmental temperatures. Calf. Feeders Day Rep. 43-45.

Macleod, G.K., and J.G. Buchanan-Smith. 1972. Digestibility of hydrogenated tallow, saturated fatty acids and soybean oil supplemented diets by sheep. *J. Anim. Sci.*35:890.

Merchen, N.R. 1988. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: *The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition*. Church, D.C. (Ed.). Prentice Hall. Engewoods Cliffs, New Jersey.

Moore, J.A., R.S. Swingle, and H. Hale. 1986. Effects of whole cottonseed, cottonseed oil or animal fat on digestibility of wheat straw diets by steers. *J. Anim. Sci.*63:1267.

Ngidi, M.E., E. Loerch, S.C. Fluharty, and D.L. Palmquist. 1990. Effect of calcium soaps of long-chain fatty acids on feedlot performance carcass characteristics and ruminal metabolism steers. *J. Anim. Sci.*68:2555.

NRC, 1984. Nutrient requirement of beef cattle. (6th Rev. Ed.). National Academy Press, Washington, DC.

NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. National Academy of Sciences Press. Washington, DC.

Palmquist, D.L. and H.R. Conrad. 1978. High-fat rations for dairy cows. Effects of feed intake, milk and fat production, and plasma metabolite. *J. Dairy Sci.* 61:890

Palmquist, D.L. and H.R. Conrad. 1980. High-fat rations for dairy cows. Tallow and hydrolyzed blended fat at two intakes. *J. Dairy Sci.* 63:391.

Palmquist D.L. and T.C. Jenkins. Fat in lactation. 1980. Fat in lactation *J. Dairy Sci.* 63: 1 -14.

Palmquist, D.L. 1991. Influence of source and amount of dietary fats on digestibility in lactating cows. *J. Dairy Science*74:1354.

Pantoja, J., J. L. Firkins, and M. L. Eastridge. 1996. Fatty acid digestibility and lactation performance by dairy cow fed fats varying in degree of saturation. *J. Dairy Sci.* 79:429-437.

Plascencia, A., and R.A. Zinn. 1996. Valor nutricional de grasas suplementarias en dietas de crecimiento -finalización para novillos en confinamiento. *Vet. Méx.* 27: 83-88

Plascencia, A., M. Estrada, and R. A. Zinn. 1999. Influence of free fatty acid content on the feeding value of yellow grease in finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 77:2603-2609.

Plascencia, A., and R. A. Zinn. 2002. Evaluation of a forage:fat blend as an isocaloric substitute for steam-flaked wheat in finishing diets for feedlot cattle: growth-performance and digestive function. *Prof. Anim. Sci.* 18:247-253.

Plascencia, A., G.D. Mendoza, C. Vazquez, and R. A. Zinn. 2003. Relationship between body weight and level of fat supplementation on fatty acid digestion in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 81:2653-2659.

Plascencia, A., M. Cervantes, and R. A. Zinn. 2001. Influence of fat titer and method of addition on characteristics of ruminal and total tract digestion. *Proc. West Sect. Amer. Soc. Anim. Sci.* 52:548-550.

Ramirez, J. E., and R. A. Zinn. 2000. Interaction of dietary magnesium level on the feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 78:2072-2080.

Roberts, W.K., and J.A. McKirdy. 1964. Weight gains, carcass fat characteristics and ration digestibility in steers are affected by dietary rapeseed oil, sunflower seed oil and animal tallow. *J. Anim. Sci.* 24:682.

Steele, W., and J. H. Moore. 1968. The effects of monounsaturated and saturated fatty acids in the diet on milk fat secretion. *J. Dairy Res.* 35:353-360.

Sukhija, P., and D. L. Palmquist. 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuff and feces. *J. Agric. Food Chem.* 36:1202-1206.

White, B.G., J. R. Ingalls, H. R. Sharma, and J. McKirdy. 1987. The effect of whole sunflower seeds on the flow of fat and fatty acids through the gastrointestinal tract of cannulated Holstein steers. *Can. J. Anim. Sci.* 67: 447-459.

White, T.W., L.D. Bunting, L.S. Sticker, F.G. Hembry, and A.M. Saxton. 1992. Influence of fishmeal and supplemental fat on performance of finishing steers exposed to moderate or high ambient temperatures. *J. Anim. Sci.* 70: 3286-3292.

Wu, Z., T.J. Huber, F.T. Sleiman, J.M. Simas, K.H. Chen, S.C. Chan, and C. Fontes. 1993. Effect of three supplemental fat sources on lactation and digestibility of fatty acids by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76: 3562-3570.

Wu, Z., O. A. Ohajuruka, and D. L. Palmquist. 1991. Ruminal synthesis, biohydrogenation, and digestibility of fatty acids by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74:3025-3034.

Wu, Z., and D.L. Palmquist. 1991. Synthesis and biohydrogenation of fatty acids by ruminal microorganisms in vitro. *J. Dairy Sci.* 74:3035-3046.

Zinn, R.A. 1987. Effect of salinomycin supplementation on characteristics of digestion and feedlot performance of cattle. *J Anim. Sci.* 63: 1996-2004.

Zinn, R. A. 1988. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. *J. Anim. Sci.* 66:213.

Zinn, R. A. 1989a. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for steers: Feedlot cattle performance and net energy value. *J. Anim. Sci.* 67:1029.

Zinn, R. A. 1989b. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for steers: Metabolism. *J. Anim. Sci.* 67:1038-1049.

Zinn, R. A. 1992. Comparative feeding value of supplemental fat in steam-flaked corn and steam-flaked wheat-based finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*70:2959.

Zinn, R. A. 1994. Effects of excessive supplemental fat on feedlot cattle growth performance and digestive function. *Prof. Anim. Sci.* 10:66-72.

Zinn, R.A. and A. Plascencia. 1992 "Comparative digestion of yellow grease and calcium soaps of long-chain fatty acids in cattle". *Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci.* 43:454.

Zinn, R. A., and A. Plascencia. 1993. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. *J. Anim. Sci.* 71:11-17.

Zinn, R. A., and A. Plascencia. 2002. Influence of level and method of supplementation on the utilization of supplemental tallow fatty acids by feedlot steers. *J. Anim. Sci.* (Suppl. 1) 80:270 (Abstr.).

Zinn, R. A., and F. N. Owens. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. *Can. J. Anim. Sci.* 66:157-166.

Zinn, R.A., and J.W. Oltjen.1991. Feeding feedlot cattle for optimal production.In:Large animal clinical nutrition. J.M. Naylor and S.L. Ralston (Ed.). Moobsy Year Book,St. Louis. Mo.

Zinn, R. A., S. K. Gulati , A. Plascencia, and J. Salinas. 2000. Influence of ruminal biohydrogenation on the feeding value of fat in finishing diets for feedlot cattle. J. Anim. Sci. 78:1738-1746.

Zinn, R. A., and S.R. Morrison. 1984. The influence of sprinkling and ration density on performance response of finishing steers during period of high ambient temperature. Calf. Feeders Day Rep. 89-93.