

BAC

MODULO DIGITAL



El documento fuente se encuentra en
La Biblioteca Agropecuaria de Colombia

ELEMENTOS BIBLIOGRAFICOS

AUTOR (ES): Peña Castellanos, F.

TITULO: Particularidades digestivas de los rumiantes

FUENTE: 1. Curso COLVEZA sobre Alternativas para la Intensificación del Engorde de Bovinos en el Trópico, Medellín (Colombia), 5-8 Jun 1984. Memorias. Medellín (Colombia), Colegio de Médicos Veterinarios y de Zootecnistas de Antioquia, 1984. p. 1-23

I Curso Colveza sobre Alternativas
para la intensificación del engorde
de bovinos en el trópico

Medellín, Junio 5 al 8 de 1984
Colegio de Médicos Veterinarios y
de Zootecnistas de Antioquia.

✓ PARTICULARIDADES DIGESTIVAS DE LOS RUMIANTES

Francisco Peña Castellanos, Ph. D.
Sección de Ganado de Leche, ICA Tibaitatá
Apartado Aéreo 151123, Eldorado, Bogotá

INTRODUCCION

Esta breve revisión de tópicos relacionados con las especies rumiantes y particularmente con los bovinos, hace énfasis en aspectos globales de la función digestiva y los factores que la pueden modificar.

Se resumen datos de publicaciones bastante conocidas y sobre algunas experiencias personales sobre digestión en diferentes segmentos del tracto digestivo del rumiante, los cuales se discuten en forma elemental tratando de destacar aquellos aspectos que pueden tener mayor influencia en el resultado exitoso de las prácticas de alimentación. Igualmente, se comparan los rumiantes con otras especies cuya estrategia de alimentación es diferente.

El objetivo de esta discusión es despertar inquietudes en las personas interesadas en alimentación de bovinos sobre aspectos que pueden ser útiles para el empleo racional de los componentes de la dieta con miras a incrementar producción por unidad de alimento. Esta inquietud se ha mantenido por centurias. Según Van Soest (1982), Plinio El Romano reconoció la importancia de la alimentación animal adecuada para obtener resultados óptimos y observó que el corte temprano del heno era mejor que el heno cortado en estado maduro y que las leguminosas mejoraban la fertilidad del suelo.

CARACTERISTICAS DE LA DIGESTION

Los rumiantes han sido dotados de capacidad digestiva para utilizar alimentos o materiales toscos y beneficiarse de los productos de fermentación de los mismos. Esa capacidad les ha permitido obtener nutrientes de materiales no susceptibles de ser utilizados por muchas otras especies animales, incluyendo el hombre. Entre estos materiales se destacan los fibrosos y las fuentes de nitrógeno no protéico. Así, la presencia de una microflora compuesta de centenares de especies de bacterias y protozoarios, le ha permitido al rumiante derivar nutrientes de la celulosa, el carbohidrato más abundante de la tierra. Aunque en la fermentación anaeróbica en el rumen se pueden derivar de 2 a 6 ATP de un mol de glucosa comparados con 38 moles de ATP obtenidos en condiciones aeróbicas, gran parte de la energía derivada en la fotosíntesis es utilizada en la forma de ácidos grasos volátiles por el rumiante compensando así la aparente deficiencia de la fermentación anaeróbica.

Si el metabolismo ruminal fuera aeróbico o si el tiempo de retención fuera excesivamente grande, la utilización de metabolitos derivados de la fermentación estaría limitada solamente a cuerpos celulares en desventaja para el huésped (Van Soest, 1982).

A los rumiantes se les puede dividir, de acuerdo a sus hábitos naturales de alimentación, en altamente selectores como la jirafa, selectores intermedios como el cabro y la oveja, y no selectores como los bovinos, el camello (seudorumiante) y el antílope. Los bovinos constituyen los herbívoros menos selectivos y más desarrollados en cuanto a su habilidad para pastorear debido a su evolución en climas medios (Van Soest, 1982).

La digestión pregástrica ha evolucionado en otras especies diferentes de los rumiantes, como es el caso de algunos marsupiales (Quokka) y roedores (Hamster), y herbívoros selectivos (hipopótamos). Sin embargo, el fenómeno de rumia se presenta solamente en rumiantes y tilópodos (Moir, 1968). Es posible que la evolución de los rumiantes ocurriera en un ancestro con digestión pregástrica (Hume y Warner, 1980).

INGESTION DE ALIMENTO

La ingestión de alimento es uno de los determinantes más importantes de la producción animal, aunque el entendimiento de su control fisiológico es uno de los problemas más intrincados de la

fisiología animal. Hay dos factores relacionados con la dieta que pueden determinar mayor o menor ingestión. Estos son el volumen del alimento, o sea, su densidad másica y su densidad calórica. En dietas basadas en forrajes toscos, la baja densidad del alimento ocasiona la imposibilidad física de que el animal consuma lo suficiente para satisfacer sus requerimientos. Lo contrario ocurre con dietas de alta densidad calórica y poco volumen. El animal satisface sus requerimientos y disminuye el consumo antes de llenar la capacidad del estómago. Los mecanismos para este tipo de control se derivan de interacciones neuro-hormonales. Además de los factores mencionados, la composición misma de la dieta afecta su ingestión. El contenido de nitrógeno inferior al requerido para el crecimiento microbial es un limitante importante, ya que deprime la digestibilidad del alimento. El contenido de pared celular del alimento se ha correlacionado bien con el nivel de ingestión ($r = -0.76$) (Van Soest, 1982). En igual forma el tiempo rumiando está relacionado con la ingestión de pared celular (Ho Bae et al., 1979).

La capacidad del tracto gastrointestinal está relacionada con el peso corporal. Es decir, a mayor tamaño del animal, mayor es la capacidad del tracto digestivo (Tabla 1). De otra parte, los requerimientos nutricionales están relacionados con el peso corporal elevado a la 0.75 potencia o a una potencia menor (Thomney et al., 1976). Si la ingestión de alimento se relaciona con los factores volumen y densidad calórica, la relación de ingestión con el peso del animal debiera ser en forma intermedia entre el peso corporal y el metabólico.

EFICIENCIA DE LA FERMENTACION MICROBIAL

La fermentación microbial de la proteína dietética es ventajosa si se mejora el balance de amino ácidos por los microorganismos y si el proceso se efectúa con un nivel de sustrato adecuado para evitar pérdidas masivas en amonio. La proteína de alta calidad es desmejorada al ser convertida en proteína microbial. Paralelamente, la energía utilizada en mantenimiento de microorganismos es pérdida para el animal. De otra parte, sustratos con muy poco tiempo de retención escapan de la acción de microbios y enzimas digestivas.

El contenido de carbohidratos no estructurales en la dieta está relacionado con la utilización de la energía neta del alimento (McGregor et al., 1983). La adición de carbohidratos no

estructurales permite mayor digestibilidad de la fibra, ya que sirven de sustrato energético de relativamente fácil disponibilidad a los microorganismos (Figuras 1 y 2). Sin embargo, si los niveles de estos carbohidratos son altos, la digestibilidad de la fibra disminuye y la digestibilidad total de la dieta es menor (Figura 3).

La disponibilidad de carbohidratos rápidamente fermentables permite mejor utilización del amonio (Arias et al., 1951; Reis and Reid, 1959). Estudios en animales han demostrado que el almidón es mejor fuente de carbohidratos para síntesis microbial que la celulosa o los azúcares solubles (Ely et al., 1967; Bartley and Deyoe, 1977). El tipo de carbohidrato en la dieta afecta la retención de nitrógeno, la concentración de amonio en el rumen, y la síntesis microbial.

LA RUMIA

El proceso de rumia es cíclico. El rumiante regurgita, masca y traga nuevamente. La regurgitación comienza con una doble contracción reticular que concentra la digesta cerca del cardias. Luego ocurre un incremento en la inspiración de aire a los pulmones, una contracción del diafragma y la dilatación de las paredes esofágicas. Así, la ingesta se mueve hacia la boca por contracciones antiperistálticas rápidas en el esófago. La cantidad de tiempo rumiando depende de la dieta. Los alimentos concentrados finamente molidos o peletizados reducen el tiempo de rumia, mientras que los forrajes de alto contenido de pared celular lo incrementan.

Al incrementar el tiempo de consumo, el bovino reduce el tiempo de rumia por unidad de alimento consumido (Figuras 4 y 5). El máximo tiempo de rumia en bovinos y ovinos parece tener un límite máximo de 10 a 11 horas (Bae et al., 1979). La ingestión de forraje está negativamente correlacionada con el contenido de pared celular del forraje. A su vez, el contenido de pared celular está asociado con el estímulo mecánico de las paredes del rumen para inducir la rumia.

CONDICIONES EN EL RUMEN

El rumen es un sistema anaeróbico isotérmico regulado por las condiciones hemeotérmicas del rumiante. El pH (6-7) permanece

relativamente constante a causa de la remoción de ácidos grasos volátiles a través de la pared del rumen y el efecto tamponizante de la saliva. La concentración iónica se regula a través de dilución, absorción y pasaje. En este sentido, el rumen se caracteriza por ser un sistema de cultivo microbial continuo.

Los microorganismos del rumen son en su mayoría anaerobios obligados, aunque existen algunos facultativos (Hungate, 1966). Sin embargo, son capaces de tolerar algo de oxígeno si las condiciones son favorables para reducirlo y el potencial de reducción permanece bajo.

El aislamiento de terneros permite impedir la implantación de protozoarios pero no la de bacterias en el rumen. De tal manera que la inoculación con contenido ruminal no parece tener efectos sobre desarrollo temprano de la fauna ruminal.

La eliminación de los protozoarios se puede obtener por métodos químicos o alimentación (Peña et al., 1984). El ganado defaunado ha exhibido mayor crecimiento. Teóricamente, el reciclaje de nitrógeno bacterial y el reciclaje de energía a través del metabolismo secundario del protozoario contribuyen a reducir la eficiencia del sistema ruminal. El número de bacterias aumenta en ausencia de protozoarios (Hungate, 1966).

Los principales productos de fermentación de los protozoarios son acetato, butirato, hidrógeno y amonio. Los protozoarios pueden tener efectos significativos en la relación de ácidos grasos volátiles, particularmente en dietas altas en granos, donde la baja relación acetato/propionato se ha asociado con la ausencia de ciliados en el rumen (Eadi y Mann, 1970).

PRODUCCION DE ACIDOS GRASOS VOLATILES

La producción de ácidos grasos volátiles como subproducto de la fermentación microbial suple al huésped de buena cantidad de energía metabolizable. Los ácidos grasos volátiles se absorben a través de la pared del rumen en forma libre, aparentemente sin transporte activo. Hay un metabolismo considerable de butirato en la pared del rumen, lo cual conduce a una aparente absorción más rápida. A pH normal del rumen existen pequeñas cantidades de ácidos grasos en forma libre, pero a medida que se absorben se forma más debido a reversión de la ionización. El pH de la pared ruminal y de la sangre es más alcalino que

el del rumen, lo cual favorece el movimiento de los ácidos. La concentración de los ácidos grasos volátiles es el principal factor que promueve su absorción (Leng, 1970).

UTILIZACION DE NITROGENO

La eficiencia con que el nitrógeno dietético es usado por el rumiante depende de la interacción dieta-microflora-huesped.

La proteína verdadera constituye de 60 a 80% de la proteína cruda de la dieta (Burroughs et al., 1975; Satter, 1982). La proteína vegetal puede ser proteína de tallos y hojas o proteína de reserva. Aunque la proteína de la hoja puede presentar mejor calidad en cuanto a balance de amino ácidos, este criterio está contrarrestado por el nivel variable de nitrógeno no protéico. Esta porción es variable de acuerdo al nivel de fertilización. A mayor fertilización nitrogenada, el contenido de nitratos, especialmente en gramíneas, y de amino ácidos libres, especialmente en leguminosas, aumenta en la planta.

La proteína de la semilla especialmente aquella de semillas oleaginosas generalmente contiene factores antinutricionales que son denaturalizados por la fermentación ruminal y tratamientos como el calentamiento. Este último tratamiento puede proporcionar beneficios al monogástrico y al rumiante. En este último, el beneficio no radica en la inhibición de los factores antinutricionales sino en el cambio que se induce en las tasas de degradación de la proteína llevando a mejor utilización del amonio liberado (Peña et al., 1983).

Las proteínas de las hojas se clasifican en cloroplásticas, citoplásmicas, nucleoprotéicas y proteínas de extensión en la pared celular. Aunque los dos primeros tipos de proteína son bastante solubles en el contenido celular, se precipitan fácilmente con calor moderado. Además, estas proteínas exhiben puntos isoeléctricos a pH alrededor de cuatro. De acuerdo a la especie vegetal, hay variación en la degradación de la proteína en el rumen (Tabla 2).

Las bacterias ruminales tienen gran capacidad de utilización de amonio. Las fuentes de nitrógeno no protéico como urea amidas y sales amoniacaes se convierten en amonio en el rumen. Este amonio, a su turno, es utilizado por la población bacteriana o se absorbe a través de la pared del rumen. Cuando los niveles de

amonio en sangre exceden la capacidad tamponizante se presenta intoxicación y muerte. En este caso realmente no hay intoxicación por urea sino por amonio. La urea como tal es relativamente atóxica.

Satter y Slyter (1974) demostraron niveles óptimos de proteína en la dieta con los cuales se maximizaba la producción de proteína bacterial in vitro (Figura 6). Estas observaciones mostraron cómo la utilización de nitrógeno no protéico está limitada a la disponibilidad energética de la dieta. A medida que se hacen limitantes las fuentes de energía en la dieta así mismo se hace limitante la utilización del nitrógeno no protéico. En igual forma, la eficiencia en la utilización del nitrógeno no protéico está relacionada con la mayor o menor resistencia de la proteína cruda preformada y la degradación en el rumen. Características naturales o inducidas de las proteínas permiten un grado diferencial de degradación en el rumen y por lo tanto un grado diferencial de escape (Tabla 3).

También es importante el grado de by-pass en la dieta especialmente las líquidas. Ya que éste determinaría ^{cam bios} en la relación nitrógeno no protéico/proteína cruda total en la ración. Esta relación es importante debido a la toxicidad del amonio en dietas cuya relación NNP/proteína cruda total es alta. En general, se recomienda que el porcentaje de equivalente en proteína cruda del NNP no pase del 30% de la proteína cruda total de la dieta.

Otro factor importante en la utilización de proteína es el nivel de ésta en la dieta y por lo tanto, el grado de ingestión. En condiciones de consumo muy bajo de proteína, el reciclaje por parte del rumiante es mayor. Por lo tanto, la necesidad de proteína por unidad de producto es menor. Sin embargo, en condiciones de consumo de proteína normal o en exceso de requerimientos, aumenta la cantidad de proteína por unidad de producto obtenido, aunque la cantidad total de producto es mayor.

Debido a la acción normalizadora de los microorganismos del rumen sobre la composición de amino ácidos de la proteína dietética se ha llegado a concluir con ligereza que para los rumiantes no hay requerimiento de aminoácidos. Sin embargo, mediante estudios con radioisótopos se ha demostrado en forma definitiva que los rumiantes tienen requerimientos de aminoácidos similares a los de especies monogástricas.

El perfil de aminoácidos de los organismos del rumen muestra niveles más altos de lisina, fenilalanina y treonina, y más bajos

de aminoácidos de cadena ramificada si se compara con el perfil de aminoácidos de la proteína del huevo (Bergen et al., 1967). Esta descompensación ha sido ventajosamente contrarrestada con la utilización de proteínas tratadas con calor (Peña, 1983). La inclusión de estas proteínas en dietas para rumiantes no solamente ha estimulado el escape de proteína dietética al duodeno proximal, sino también ha mejorado el perfil de aminoácidos absorbidos en el intestino y la concentración de aminoácidos en plasma sanguíneo, especialmente incrementando los niveles de aquellos aminoácidos que aparecen en relativamente baja concentración en bacterias ruminales (Peña et al., 1984).

Aparte de los requerimientos de aminoácidos, es importante, paralelo al reciclaje de nitrógeno, el reciclaje de azufre. Los excesos de azufre en el metabolismo ruminal, se absorben en forma de ácido sulfhídrico. Este ácido es metabolizado en el hígado a sulfato, el cual se excreta en la orina o recicla en la saliva. Sin embargo, en dietas bajas en proteína se observa un reciclaje alto de nitrógeno y un reciclaje bajo de azufre llegando a una relación tan baja como 80 a 1 (Bray y Till, 1975), mientras que la relación de nitrógeno a azufre en la proteína de la dieta y los microorganismos del rumen está en el orden de 15 a 1.

FACTORES QUE MODIFICAN LAS CONDICIONES DE FERMENTACION

La composición de la dieta afecta la composición de la población microbial. Las dietas altas en proteína estimulan los microorganismos proteolíticos, mientras que las altas de almidón estimulan los microorganismos amilolíticos. En dietas altas en concentrados, los microorganismos celulolíticos y metanogénicos se afectan y su población se reduce (Slyter, 1976).

Las tasas de pasaje de la fase líquida y sólida en el rumen también afectan la eficiencia de la utilización del alimento por el rumiante. Por ejemplo, aumentando la tasa de pasaje disminuye la energía de mantenimiento de los microorganismos y aumenta su producción neta (Cole et al., 1976; Kropp et al., 1976). Igualmente se ha observado cambios en la población microbial (Hobson, 1965) y consecuentemente cambia la proporción relativa de los productos de la fermentación microbial. El aumento de la tasa de pasaje está asociado con aumento de la ingestión de alimento y descenso en la digestibilidad en el rumen (Mertens, 1977) y la digestibilidad en el tracto gastrointestinal.

El uso de agentes antimetanogénicos produce una reorientación de la utilización del carbono y el hidrógeno hacia la producción de propionato, aumentando así la energía metabolizable disponible para el animal. Sin embargo, parece que los agentes anabólicos antimetanogénicos (compuestos metil-halogenados, por ejemplo) reducen la digestión de celulosa y la producción microbial (Poos et al., 1979). Esta inhibición reduciría la cantidad de energía metabolizable. Sin embargo, la reducción en la actividad bacterial estimularía el escape de proteína dietética y carbohidratos hacia el intestino delgado.

Los cambios bruscos en la dieta causan perturbaciones grandes en la fermentación ruminal.

Los agentes anabólicos ionóforos, al deducir las poblaciones de Rumenococcus y Butyrivibrio pueden generar condiciones favorables para los organismos productores de propionato. Al reducirse el hidrógeno disponible, la población de metanogénicos se reduce. Los ionóforos también retardan la proteólisis promoviendo mayor escape de proteína dietética al duodeno (Paterson et al., 1983). En estas situaciones donde hay manipulación de la fermentación ruminal con detrimento de la producción bacterial, el animal se hace más dependiente de la calidad de los componentes dietéticos (Van Soest, 1982).

DIGESTION POSTRUMINAL

La digestión postruminal en los rumiantes es comparable en muchos aspectos a la de los monogástricos. El tracto digestivo posterior con dietas normales en forraje recibe pocos carbohidratos disponibles en forma de azúcares y almidón. Este factor probablemente ha contribuido al bajo nivel de enzimas para hidrólisis de carbohidratos en el intestino. Al contrario de los rumiantes, otras especies animales han desarrollado una capacidad grande de digestión en el tracto digestivo posterior (Tabla 4).

La composición de la digesta en el intestino difiere de la del rumen. El proceso de fermentación en el rumen induce cambios en las proporciones de los componentes de digesta debido a la extracción de ácidos grasos en el rumen y a la síntesis microbial. Igualmente, el flujo diferencial de las fases sólida y líquida del rumen hacen que los cambios en la composición de la digesta en el intestino sean aún mayores.

DIGESTION EN CIEGO E INTESTINO GRUESO

Aunque el tráto digestivo posterior del rumiante es muy simple, parece tener más importancia de la comúnmente aceptada. En el intestino grueso se presenta absorción de agua, minerales, nitrógeno y ácidos grasos volátiles.

El escape de celulosa y hemicelulosa del rumen no es igual. El escape de hemicelulosa tiende a ser mayor, lo cual ocasiona mayor tendencia a la digestión hemicelulótica en el intestino posterior. Esta tendencia se comparte con el no rumiante (Tabla 5). El ternero tiene una gran capacidad de digerir fibra en el tracto digestivo posterior (Putnam y Davis, 1965).

El escape de carbohidratos digeribles al intestino grueso y al ciego da como resultado la producción de proteína microbial y la pérdida de gran parte de la energía en las heces. La pérdida de N en las heces no es seria si la dieta es adecuada en nitrógeno ya que la principal fuente de este elemento para la fermentación es la difusión de úrea.

La capacidad digestiva relativa del rumiante en el ciego y el intestino grueso es muy inferior a la de otras especies que por su estrategia alimenticia han evolucionado hacia el mayor desarrollo del intestino posterior. La hidrólisis de urea proporciona amonio adicional que es tomado por el torrente circulatorio. Así, si la cantidad de sustrato calórico en el intestino grueso no es suficiente para la incorporación de amonio en proteína microbial, el exceso de este compuesto, dependiendo del nivel de proteína dietética volvería en la sangre al hígado causando una carga metabólica adicional. El exceso de amonio en el colon en dietas altas en proteína y bajas en fibra ha sido propuesto como posible causa del cáncer en colon (Visek, 1983, comunicación personal).

La utilización de productos de fermentación del intestino posterior resulta variable de acuerdo a la especie animal. Mientras en el caballo, el armadillo y otras especies, es el sitio de mayor digestión de la fibra, y por ende de mayor producción y absorción de ácidos grasos volátiles, en el rumiante y también en el hombre, esta fermentación proporciona una modesta fracción de la energía digestible en la dieta en forma de ácidos grasos volátiles.

LITERATURA CITADA

- ARIAS, C., W. BURROUGHS, P. GERLAUGH, and R.M. BETHKE. 1951. The influence of different amounts and sources of energy upon in vitro urea utilization by rumen microorganism. J. Anim. Sci. 10: 683.
- BARTLEY, E.E. and C.W. DEYOE. 1977. Reducing the rate of ammonia release by the use of alternative non-protein nitrogen sources. In: Haresign, W. and D. Lewis, Eds.
- BARTLEY, E.E., E.L. HEROD, R.M. BECHTLE, D.A. SPIENZA and B.E. BRENT. 1979. Effect of monensin or lasalocid with or without niacin or ampicloral, on rumen fermentation and feed efficiency. J. Anim. Sci. 49: 1066.
- BERGEN, W.G., D.B. PURSER, and J.H. CLINE. 1967. Enzymatic determination of the protein quality of individual rumen bacteria. J. Nutr. 92: 357.
- BRAY, A.C. and A.R. TILL. 1975. IN: McDonald, I.W. and A.C.I. Warner. Digestion and metabolism in the ruminant. Univ. New England Publ. Unit, Armidale, N.S.W.
- BRODERICK, G.A. 1982. Estimation of protein degradation using in situ and in vitro methods. In: Owens, E.N. Protein requirements for cattle: Symposium. Division of Agriculture, Oklahoma State University. p. 72.
- BURROUGHS, W., D.K. NELSON and D.R. MERTENS. 1975. Protein physiology and its application in the lactating cow: The metabolizable protein feeding standard. J. Anim. Sci. 41: 933.
- COLE, N.A., R.R. JOHNSON, F.N. OWENS, and J.R. MALES. 1976. Influence of roughage level and corn processing method on microbial protein synthesis by beef steers. J. Anim. Sci. 43: 497.
- DAVIS, C.L. 1976. The use of buffers in the ration of lactating dairy cows. In: Hale, W.H. and P. Meinhardt, eds. Regulation of acid-base balance. Church and Dwight Company, Inc. Piscataway, New Jersey. p. 51.

- EADI, J.M. and S.O. MANN. 1970. In: Phillipson, A.T. Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. Oriel Press, New Castle Upon Tyne, England.
- ELY, D.G., C.O. LITTLE, P.G. WOOLFOLK, and G.E. MITCHELL, Jr. 1967. Estimation of the extent of conversion of dietary zein to microbial protein in the rumen of lambs. J. Nutr. 91: 314.
- FERGUSON, K.A. 1975. In: McDonald, I.W., A.C.I. Warner, eds. Univ. New England Publ. Unit, Armidale, N.S.W.
- HO BAE, D.H., J.G. WELCH and A.M. SMITH. 1979. Forage intake and rumination by sheep. J. Anim. Sci. 49: 1292.
- HOBSON, P.N. 1965. Continuous culture of some anaerobic rumen bacteria. J. Gen. Microbiol. 38: 167.
- HUME, I.D. and A.C.I. WARNER. 1980. In: Ruckebush, Y. and P. Thivend., eds. Digestive physiology and metabolism in the ruminant. M.T.P. Press, Lancaster, England
- HUME, I.D. and D.B. PURSER. 1974. Ruminal and Post-ruminal protein digestion in sheep feed on subterranean clover harvested at four stages of maturity. Aust. J. Agr. Res. 26:199.
- HUNGATE, R.E. 1966. The rumen and its microbes. Academic Press, New York.
- KROPP, J.R., R.R. JOHNSON, and F.N. OWENS. 1976. Microbial protein synthesis from urea and soybean meal. J. Anim. Sci. 43: 327 (Abstr.).
- LENG, R.A. 1970. In: Phillipson, A.T. Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. Brit. Press, New Castle Upon Tyne, England. p. 406.
- MCGREGOR, C.A., MR. STOKES, W.H. HOOVER, H.A. LEONARD, L.L. JUNKINS, Jr., C.J. SNIFFEN and R.W. MAILMAN. 1983. Effect of dietary concentration of total nonstructural carbohydrate on energy and nitrogen metabolism and milk production of dairy cows. J. Dairy Sci. 66: 39-50.

- MERTENS, D.R. 1977. Dietary fiber components: Relationship to the rate and extent of ruminal digestion. Fed. Proc. 36: 187.
- MOIR, R.J. 1968. Bile, digestion and ruminal physiology. In: Code, C.F., ed., Handbook of Physiology. Am. Physiol. Soc. Washington, D.C.
- NOLAN, J.V. 1975. In: McDonald, I.W. and A.C.I. Warner, eds., Digestion and metabolism in the ruminant. Univ. New England Publ. Unit., Armidale, N.S.W.
- PATERSON, J.A., B.M. ANDERSON, D.K. BOWMAN, R.L. MORRISON, and J.E. WILLIAMS. 1983. Effect of protein source and lasolacid on nitrogen digestibility and growth by ruminants. J. Anim. Sci. 57(6): 1537.
- PEÑA, F. and L.D. SATTER. 1983. Site and extent of digestion of solvent extracted and expeller processed cottonseed meals in lactating Holstein cows. J. Anim. Sci. 57 (Suppl.1): 459.
- PEÑA, F., H. TAGARI, and L.D. SATTER. 1984. The effect of heat treatment of whole cottonseed on site and extent of digestion in Holstein cows. J. Anim. Sci. (Submitted.)
- POOS, M.I., T.L. HANSON, and T.J. KLOPFENSTEIN. 1979. Monensin effects on diet digestibility, ruminal protein by pass and microbial protein synthesis. J. Anim. Sci. 48: 1516.
- PUTMAN, P.A. and R.E. DAVIS. 1965. Postruminal fiber digestibility. J. Anim. Sci. 24: 826.
- RUMSEY, T.S., P.A. PUTNAM, J. BOND, and R.R. OLTJEN. 1970. Influence of level and type of diet and VFA, respiratory rate and EKG patterns of steers. J. Anim. Sci. 31: 608.
- REIS, P.J., R.L. REID. 1959. In vitro studies of the effect of pH and of glucose on ammonia accumulation in the rumen of sheep. Australian J. Agric. Res. 10: 71.
- SATTER, L.D. 1982. A metabolizable protein system keyed to ruminal ammonia concentration - The Wisconsin System. In: Owens, F.N., ed. Protein requirements for cattle. Symposium, Oklahoma State University, p. 245.

- SATTER, L.D. and L.L. SLYTER. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. Br. J. Nutr. 32: 199.
- SLYTER, L.L. 1976. Influence of acidosis on rumen function. J. Anim. Sci. 43: 910.
- SMITH, E.H. 1975. In: McDonald, I.W., A.C.I. Warner, Eds., Univ. New England Publ. Unit, Armidale, N.S.W.
- STERN, M.D. and L.D. SATTER. 1982. In vivo estimation of protein degradability in the rumen. In: Owens, F.N. Protein requirements for cattle. Symposium. Division of Agriculture, Oklahoma State University. p. 72.
- THONNEY, M.L., R.W. TOUCHBERRY, R.D. GOODRICH, and J.C. MIESKE. 1976. Intraspecies relationships between fasting heat production and body weight: A reevaluation of $W^{0.75}$. J. Anim. Sci. 43: 692.
- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant O & B Books. Inc. Corvallis, Oregon.

TABLA 1. Capacidad del tracto digestivo de diferentes especies

	Especies Animales				
	hombre	cerdo	caballo	oveja	vaca
Peso corporal (kg)	75	190	450	80	575
Capacidad estomacal (l)	1	8	8	20	160
% peso corporal	1,3	4,2	1,8	25	28
Tracto digestivo (l)	6	27	90	30	260
% del peso corporal	8	14	20	38	45

Tomado de Maynard and Loosli

TABLA 2. Liberación de amonio in vitro usando diferentes proteínas como sustrato.

Fuente de proteína	Amonio (μ mol/hr/ml)
Caseína	4,3
Torta de algodón	5,3
Zeina	0,8
Sorgo	- 4,4
Maíz	- 3,9

Broderick, 1982.

TABLA 3. Escape estimado de nitrógeno dietético en el rumen

Fuente	Rango (%)	Autor
Alfalfa seca	34	Nolan, 1975
Maíz	40-56	Borrourghs et al., 1975 Hume and Pursar, 1974
Semilla de algodón	32	Peña et al., 1984
Semilla de algodón tostada	51	Peña et al., 1984
Tortas de algodón	23-39	Peña y Satter, 1984
Forraje verde	10-30	Smith. 1975; Ferguson, 1975

Tomado y adaptado de Van Soest, 1982.

TABLA 4. Tipo de digestión en el intestino grueso de algunas especies animales.

Clase de Digestión	Especie Animal	Hábito alimenticio
Fermentadores Pregástricos		
Rumiantes	Bovinos, ovinos, ca- melidos	Herbívoros
No rumiantes	Kanguro, hipopotamo, Hamster	Herbívoros
Fermentadores postgástricos		
Fermentación cecal	Conejo Armadillo Rata	Herbívoro Herbívoro Omnívoro
Fermentación cólica		
Colon saculado	Caballo Hombre, cerdo	Herbívoro Omnívoro
Colon no saculado	Gato, perro	Carnívoros

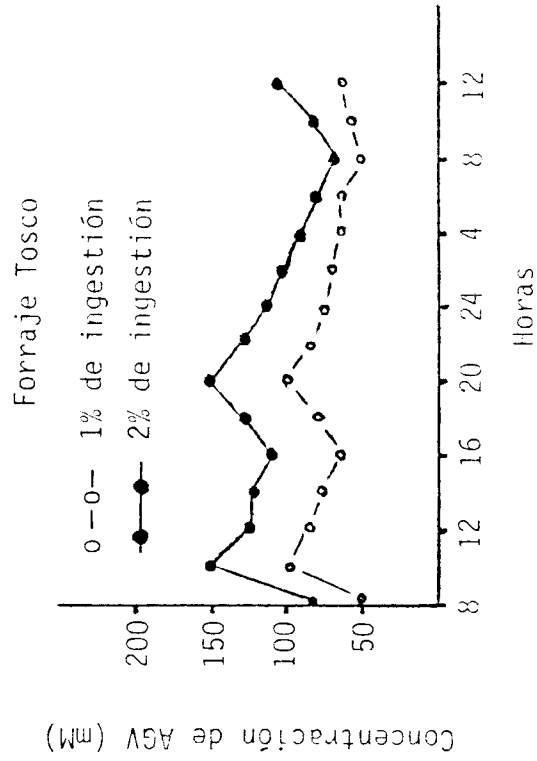
Tomado y adaptado de Van Soest, 1982

TABLA 5. Digestibilidad comparada de fibra en no rumiantes (%)

Especie	Alimento	Hemicelulosa	Celulosa	Autor
Elefante	Alfalfa	60	56	Foose, 1981
Hipopótamo	Alfalfa	60	65	Foose, 1981
Caballo	Alfalfa	62	57	Foose, 1981
Cerdo	Salvado de trigo	72	20	Ehle, 1980
Hombre	Verduras	96	35	Hopper y Clark, 1945
Rata	Alfalfa	47	21	Uden, 1978

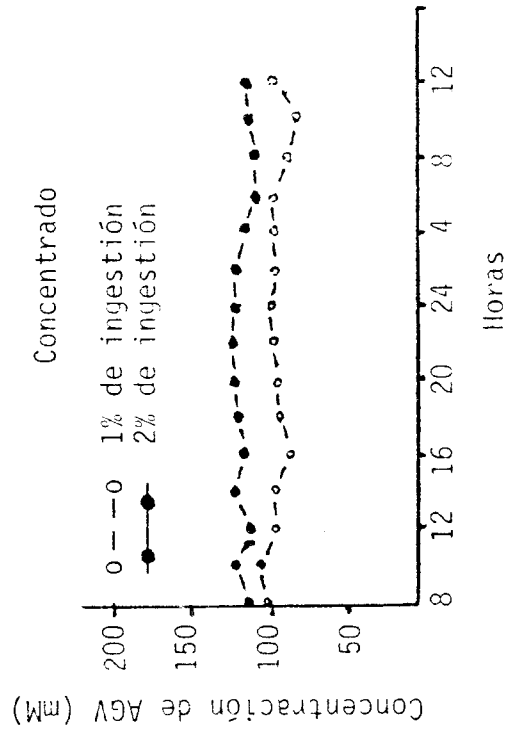
Adaptado de Van Soest, 1982.

FIGURA 1



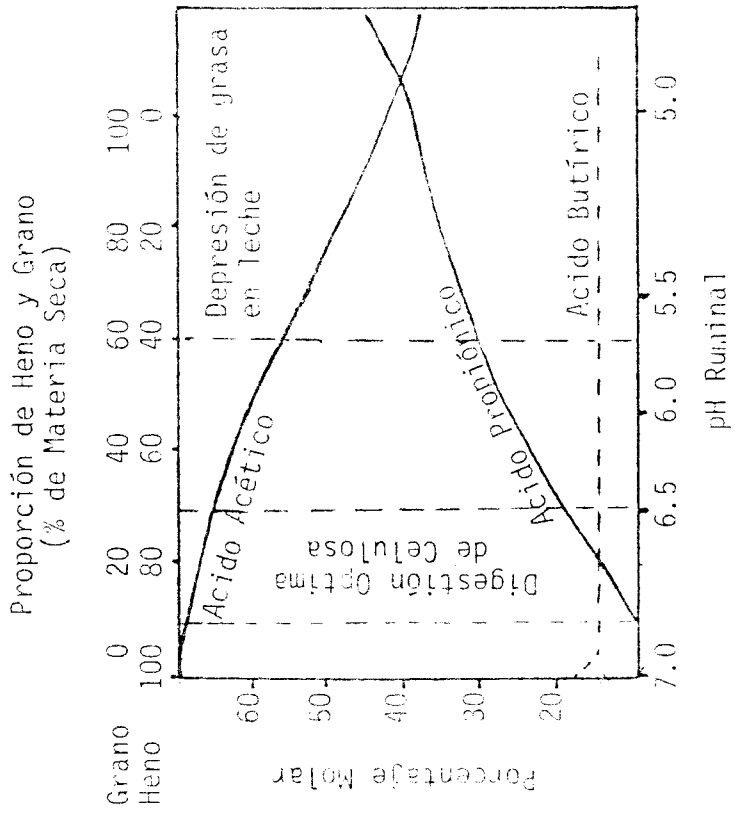
CONCENTRACION DE ACIDOS GRASOS VOLATILES EN EL RUMEN A DIFERENTES NIVELES DE INGESTION (RUMSEY et al., 1970).

FIGURA 2



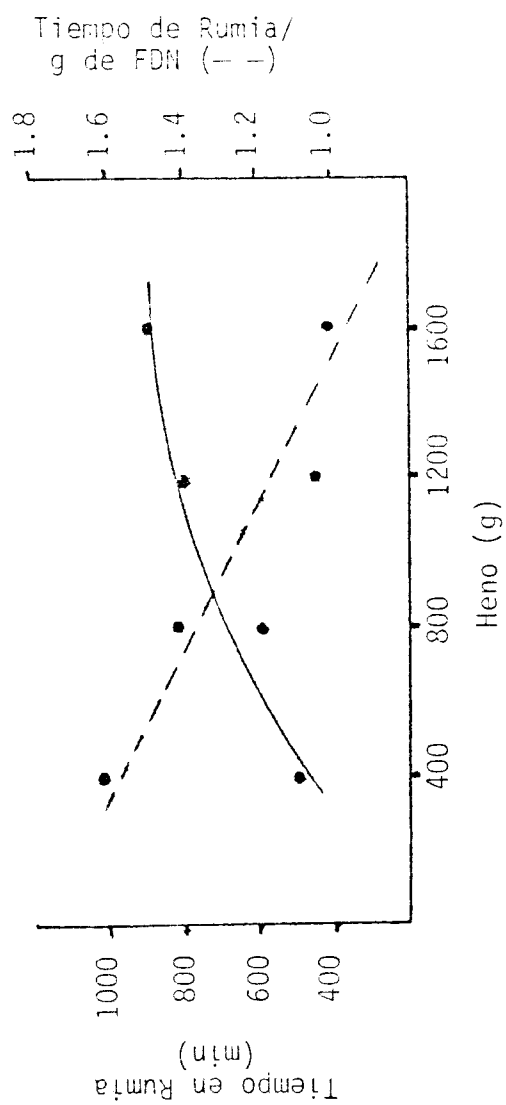
CONCENTRACION DE ACIDOS GRASOS VOLATILES EN EL RUMEN A DIFERENTES NIVELES DE INGESTION (RUMSEY et al., 1970).

FIGURA 3



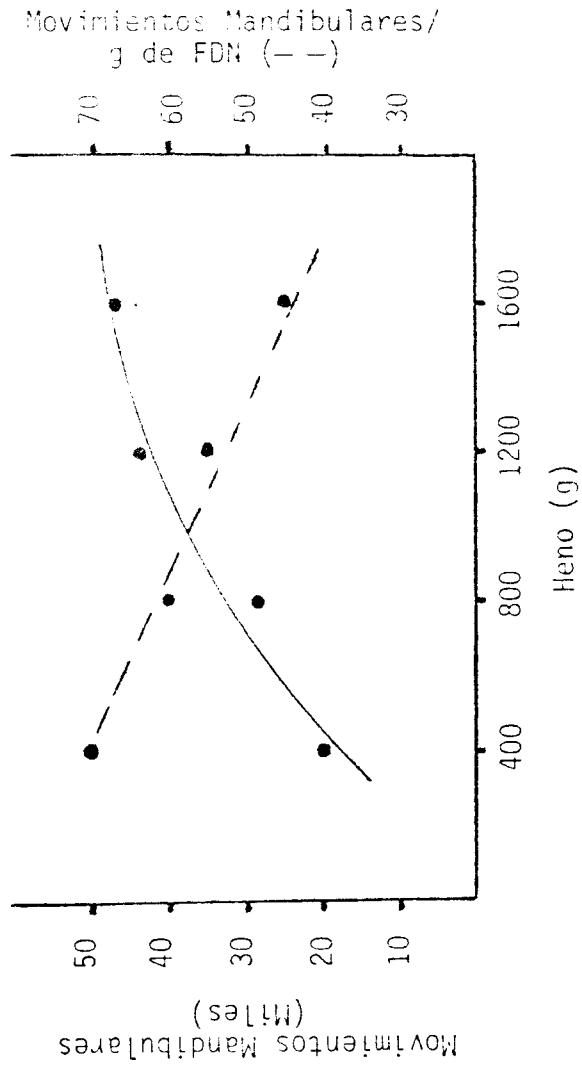
CAMBIOS EN LA CONCENTRACION MOLAR DE ACETATO Y PROPIONATO EN EL RUMEN. (TOMADO DE DAVIS, 1976).

FIGURA 4



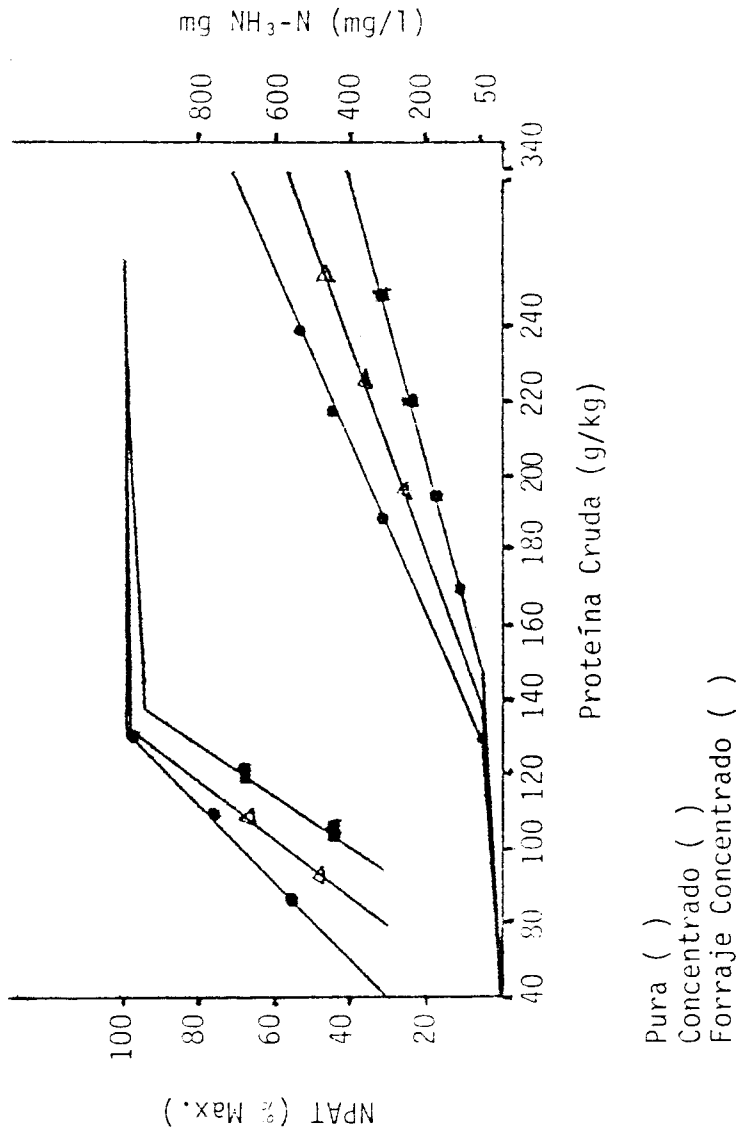
RELACION ENTRE TIEMPO DE RUMIA E INGESTION DE HENO EN OVEJAS
(HO BAE et al., 1979)

FIGURA 5



RELACION ENTRE EL NUMERO DE MOVIMIENTOS MANDIBULARES EN LA RUMIA Y LA INGESTION DIARIA DE HENO DE GRAMINEAS (HO BAE et al., 1979)

FIGURA 6



RELACION ENTRE CONCENTRACION DE AMONIO EN CULTIVO CONTINUO Y PRODUCCION DE NITROGENO PRECIPITABLE EN ACID TUNGSTICO (SATTER Y SLYTER, 1974).