

11662
1
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILAN**

**DINAMICA Y DIGESTION RUMINAL DE BOVINOS DE
CARNE ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE
DE GRANO DE MAIZ Y POLLINAZA**

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

**QUE PRESENTA
COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN EL AREA DE
NUTRICION ANIMAL:
M.V.Z. RICARDO BASURTO GUTIERREZ**

ASESOR: DR. JUAN DE DIOS GARZA FLORES



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.

RESUMEN

Basurto Gutiérrez Ricardo. 1995. Dinámica y digestión ruminal de bovinos de carne alimentados con dietas a base de grano de maíz y pollinaza. Tesis de Maestría. Asesor Dr. Juan de Dios Garza Flores.

Con el objeto de evaluar el impacto de la inclusión de niveles crecientes de pollinaza en la dieta sobre la cinética y digestión ruminal en ganado de engorda, se realizaron 2 experimentos. En el experimento 1, con la finalidad de conocer la dinámica ruminal, la digestibilidad y el consumo de agua de animales que consumen dietas basales en maíz-pollinaza, se alimentaron 8 novillos (342 kg PV), con diferentes encastes de razas europeas y cebuinas, una vez al día por 64 d al 1.32% de su PV con los siguientes concentrados experimentales: SOY= grano de maíz (68.4%) y pasta de soya (26.8%), POL15= grano de maíz (80.7%) y pollinaza (15.0%), POL30= grano de maíz (66.0%) y pollinaza (30.0%) y POL45= grano de maíz (51.0%) y pollinaza (45.0%), y al 0.88% de su PV con rastrojo de sorgo, de acuerdo a un diseño experimental de Cuadrado Latino 4x4 replicado. Para estimar la digestibilidad de las raciones, los animales recibieron (vía oral) 6g de Cr_2O_3 d⁻¹ y se muestrearon heces directamente del recto. Para determinar la cinética ruminal, los animales recibieron una dosis de Co-EDTA (7g) como marcador de la fase líquida (tasa de dilución) y para la fase sólida, 1.421g de yterbio ligado a rastrojo de sorgo (tasa de paso). La inclusión de pollinaza en la ración incrementó ($P<0.01$) en forma cuadrática el consumo de agua (31.5, 29.8, 35.7 y 36.7 l/d); la digestibilidad de la proteína cruda (66.2, 50.0, 53.0 y 63.9) se comportó ($P<0.05$) en forma cuadrática; la digestibilidad de la fibra detergente neutro (46.1, 46.0, 53.4 y 56.5 %) y la tasa de paso de sólidos (3.3, 3.7, 3.6 y 4.6% h⁻¹) se incrementaron en forma lineal ($P<0.05$ y $P<0.01$, respectivamente), mientras que la tasa de dilución tendió ($P<0.07$) a comportarse en forma cúbica (6.79, 6.46, 7.31 y 6.39 % h⁻¹). El tiempo medio residencia de las partículas en rumen disminuyó ($P<0.05$) linealmente (32.2, 30.4, 28.7 y 22.9 h⁻¹) para SOY, POL15, POL30 Y POL45, respectivamente. La digestibilidad verdadera de la proteína cruda de la pollinaza se estimó en 91.2%. En el experimento 2, para determinar el efecto del nivel de inclusión de pollinaza sobre los cambios posprandiales en el pH, las concentraciones de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y en el porcentaje molar de los ácidos grasos volátiles (AGV) del líquido ruminal, además sobre el nivel de urea sanguínea (US), se alimentó durante 48 d a 4 novillos Brahman (248 kg PV), provistos con cánula ruminal, de acuerdo a un diseño de Cuadrado Latino 4x4. Los concentrados experimentales y el nivel de consumo fueron similares al experimento 1. Se muestreó líquido ruminal del saco ventral antes de ofrecer el alimento y a las 1, 2, 4 y 6 h después de ofrecido el alimento (0, 1, 2, 4 y 6 h posprandiales, respectivamente). La determinación de AGV se realizó en una muestra compuesta por animal-periodo. Se muestreó sangre yugular a las 0 y 4 h posprandiales para determinar la concentración de urea en suero. El pH ruminal se elevó ($P<0.05$) de acuerdo al contenido de pollinaza en el concentrado (6.52c, 6.55c, 6.78b y 6.95a); las concentraciones de N-NH₃ promedio en el líquido (17.3b, 10.9c, 19.9b y 25.3a mg N-NH₃/100 ml) se elevaron ($P<0.05$) de acuerdo al nivel de proteína en el concentrado, para SOY, POL15, POL30 y POL45, respectivamente. La concentración de US a las 0 h posprandial fue proporcional al nivel de proteína cruda del concentrado, además la US posprandial se incrementó en las raciones con pollinaza. Se concluye que la pollinaza incrementa el consumo de agua, probablemente por una mayor excreción de orina ó por un mayor consumo de minerales, aumenta la tasa de pasaje de sólidos y mejora la digestibilidad de la FDN de la ración, lo cual puede estar relacionado a un mayor consumo de alimento. El incremento en las

concentraciones de urea están relacionadas a las concentraciones de N-NH_3 y al pH en rumen, lo que indica que la absorción de amonio ruminal se incrementa con la inclusión de pollinaza en la ración.

DEDICATORIA:

A Dios

A Sol:

Por su amor incondicional y decidido apoyo.

Por ese bebito que lleva en su vientre.

A mis padres:

Por su apoyo durante tantos años.

A mis suegros:

Porque son como mis padres.

A mis hermanos y cuñados:

Por su apoyo en todo aspecto.

Al Dr Héctor Merino Zuñiga:

Porque fue un gran amigo.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), que me ofreció la oportunidad y el apoyo económico para la realización de mis estudios de Maestría.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan de la U.N.A.M., que hace posible los Estudios de Maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo económico durante la realización de los estudios de Maestría.

Al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, no solo por ser la sede de la Maestría, sino por el apoyo del Personal Científico que son maestros y amigos. En especial a Dr Armando Shimada Miyasaka y al Dr José Antonio Cuarón Ibarquengoytia.

Al Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México A.C., por su apoyo con animales y la alimentación de los mismos.

Al Dr Juan de Dios Garza Flores, no solo por su conducción y enseñanzas durante la realización del proyecto de investigación, sino también por su amistad y paciencia.

Al Dr Marcelino Menéndez Trejo, Jefe de la Unidad de Posgrado en Ajuchitlán, Querétaro, que constantemente brinda su apoyo y consejos.

Al Laboratorio de Nutrición Animal del CNID- Fisiología, por su apoyo en el análisis de muestras y en montar nuevas técnicas. En especial a la Q.F.B. Ma Soledad Marmolejo Cervantes. Al Laboratorio de Nutrición Animal en el CNID- Microbiología, por su apoyo en el análisis de AGV. En especial a M.Sc. Irma Tejada de Hernández y I.Q. Enrique Vera Gutiérrez.

Al Centro de Estudios Académicos sobre Contaminación Ambiental de la U.A.Q., por su apoyo en el análisis de absorción atómica. En especial a la Q.A. María Eugenia Ortega.

A los miembros del H.Jurado: M.Sc. Irma Tejada de Hernández, Dr Juan de Dios Garza Flores, Dr Rogelio Gómez Alarcón, Dr José Luis Romano Muñoz, y al Dr Carlos Sosa Ferreyra, por sus observaciones y sugerencias para mejorar la presente tesis.

A Jesús Maldonado, Manuel Darrón, José Luis Flores y Sebastián Daguerre por su valiosa ayuda y apoyo durante la conducción del estudio. Asimismo a Don Jesús y Román Gómez por su apoyo y amistad en el trabajo diario.

Finalmente, a mis compañeros de generación (Martha (X), Toño, Fer, Jorge y Ofé) con quienes se entabló una entrañable amistad durante este periodo.

LISTA DE CONTENIDO

CAPITULO	PAGINA
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 DINAMICA RUMINAL	3
2.2 METABOLISMO DEL NITROGENO EN RUMEN	10
2.3 ACIDOS GRASOS VOLATILES	14
2.4 POLLINAZAS	15
III. OBJETIVOS	19
IV. MATERIAL Y METODOS	20
Experimento 1	20
Experimento 2	29
V. RESULTADOS Y DISCUSION	34
Experimento 1	34
Experimento 2	46
VI. DISCUSION GENERAL	59
VII. CONCLUSIONES	63
VIII. LITERATURA CITADA	64
APENDICES	73

LISTA DE CUADROS

	PAGINA
2.1 Composición química y nutricional de la pollinaza.	17
4.1 Esquema de actividades y muestreo (Experimento 1)	22
4.2 Composición química de los principales ingredientes (Experimento 1 y 2).	23
4.3 Composición porcentual y química de los concentrados (Experimento 1 y 2)	24
4.4 Esquema de actividades y muestreo (Experimento 2)	30
5.1 Consumo de novillos alimentados con dietas con diferentes niveles de pollinaza (Experimento 1)	35
5.2 Coeficientes de digestibilidad de dietas con diferentes niveles de pollinaza (Experimento 1)	38
5.3 Ganancia diaria de peso de novillos alimentados con dietas con diferentes niveles de pollinaza. (Experimento 1 y 2)	41
5.4 Cinética ruminal de novillos consumiendo dietas con diferentes niveles de pollinaza (Experimento 1)	43
5.5 Consumo de alimento de novillos alimentados con dietas con diferentes niveles de pollinaza (Experimento 2)	47
5.6 Composición porcentual molar de AGV en rumen de novillos alimentados con dietas con diferentes niveles de pollinaza (Experimento 2)	57

LISTA DE FIGURAS

		PAGINA
5.1	N-amoniaco en rumen de novillos consumiendo dietas maíz-pollinaza (Experimento 2)	48
5.2	pH ruminal de novillos consumiendo dietas maíz-pollinaza (Experimento 2)	52
5.3	Urea sanguínea de novillos consumiendo dietas maíz-pollinaza (Experimento 2)	54

CAPITULO I

INTRODUCCION

El comportamiento productivo de los animales depende en gran parte de la cantidad y calidad de los nutrientes ingeridos en la dieta, de la eficiencia de conversión de estos durante los procesos de digestión y metabolismo, y de la habilidad para transformar estos compuestos en productos de mejor calidad nutricional, como la carne.

Dadas las características digestivas de los rumiantes, estos tienden a maximizar la extensión de la digestión de los alimentos. En general, en el rumen puede ser digerida del 23-87% de la energía digestible total de la dieta, mientras que en el intestino delgado y el colón-ciego se puede degradar hasta un 17-51 % y 4-26%, respectivamente (Thomas y Rook, 1977), lo que resalta la importancia del rumen en la economía del animal. La extensión de la digestión ruminal depende de la actividad de los microorganismos ruminales, del tiempo de residencia de las partículas alimenticias y del material ingerido potencialmente fermentable. Cualquier cambio en uno de estos factores, puede afectar la extensión o los productos finales de la digestión, y tener un efecto marcado sobre el sitio de digestión y la eficiencia en la utilización de los nutrientes a través del tracto digestivo.

La fermentación ruminal procederá tan rápido como el ambiente ruminal lo permita. La remoción de los productos finales de la fermentación (ej ácidos grasos volátiles), el suministro de sustratos (alimento), el reciclaje de nutrientes (nitrógeno y azufre), entre otros factores, mantienen a las condiciones ruminales para un adecuado crecimiento bacteriano. Se puede considerar que el animal rumiante, hasta cierto punto, controla la fermentación ruminal.

En la actualidad, uno de los principales objetivos del nutriólogo, es poder predecir adecuadamente la respuesta animal a cambios de las características

físicas y químicas de las raciones. Esto requiere un amplio conocimiento de la fermentación y la dinámica ruminal.

Desafortunadamente, la mayoría de los estudios realizados con pollinaza en nuestro país, han sido enfocados, principalmente, para determinar el porcentaje de inclusión más adecuado en la ración con base en el comportamiento productivo del ganado, sin embargo la inferencia de los resultados está limitada a las condiciones específicas de las pruebas.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA.

2.1 DINAMICA RUMINAL

El recambio o cinética de la digesta ruminal está relacionado con la extensión de la digestión, los productos de la fermentación y la síntesis microbiana (Sutton, 1980).

La digesta ruminal presenta tres pozos o componentes, los cuales interactúan entre sí. El componente A está constituido por el líquido libre, además incluye partículas menores de 200 μm de longitud; el componente B comprende al líquido que está asociado a partículas densas (tamaño inferior a 1200 μm de longitud) que pueden salir del rumen y el componente C está representado por líquido que está embebido a las partículas que no pueden salir del rumen (Owens y Goetsch, 1984; Czerkawski, 1986). El 80% del líquido ruminal se encuentra distribuido entre los componentes B y C (Owens y Goetsch, 1984).

El agua y el alimento ingeridos pueden ser removidos del rumen por digestión, absorción, o bien, por pasaje a través del orificio retículo-omasal. Las partículas indigestibles solo pueden desaparecer del rumen por pasaje (Van Soest, 1982). La fracción del volumen ruminal que sale hacia el omaso por hora, se denomina tasa fraccional de pasaje (TFP). La TFP para la fase líquida se denomina, usualmente, tasa de dilución, y la TFP para la fase sólida o de partículas, se denomina tasa de paso o de pasaje (Owens y Goetsch, 1984).

El nivel de consumo, la relación forraje-concentrado, el procesamiento de los alimentos y los aditivos son factores que pueden alterar el recambio ruminal (Owens y Goetsch, 1984).

La tasa de dilución en ganado de carne puede variar entre 4 y 10 % h^{-1} , y en vacas lecheras puede ser mayor al 15% h^{-1} (Owens y Goetsch, 1988).

Dentro de las partículas sólidas, las partículas de los concentrados tienen una mayor tasa de pasaje (2 a 7 % h^{-1}) que las partículas de los forrajes (1 a 6 % h^{-1}). La tasa de paso de las partículas (concentrado o forraje) siempre será menor que la tasa de dilución de los líquidos (Bergen et al., 1980).

Los principales factores que modifican la tasa de dilución son el nivel de consumo del alimento y el contenido de forraje en la ración, siendo el nivel de consumo el factor que más influye sobre la tasa de dilución. Con vaquillas (604 kg P.V.) consumiendo 1.0, 1.4 y 1.8 % de P.V., la tasa de dilución se incrementó según aumentó el nivel de consumo (6.3, 7.4 y 8.1 % h^{-1} ; respectivamente; Garza, 1990b). Resultados similares reportan Adams y Karchner (1984). En las dietas constituidas principalmente por forraje, aparentemente, la mayor cantidad de saliva que entra al rumen durante la ingestión y la rumia, incrementa la tasa de dilución, lo cual explicaría porque se observan menores tasas de dilución en dietas con base en concentrado.

El consumo de agua se relaciona positivamente al nivel de consumo. No obstante, al mismo nivel de consumo, los animales que consumen raciones con base en forraje ingieren una mayor cantidad de agua que los animales que consumen concentrado (Garza, 1990b); esta diferencia en el consumo de agua podría afectar el volumen ruminal o la tasa de dilución (Weston, 1988).

El efecto de la tasa de dilución sobre el crecimiento bacteriano se ha estudiado extensivamente. Estableciéndose que la eficiencia en la síntesis bacteriana es mayor según se incrementa la tasa de dilución (Harrison y Mc Allan, 1980; Bergen, 1980). La eficiencia en la síntesis bacteriana (g de bacterias por mol de ATP disponible) se incrementó a 7.5, 11.6 y 16.7 cuando las bacterias ruminales crecieron a 2, 6 y 12 % h^{-1} , respectivamente (Issacson et al., 1975). En forma similar, en animales consumiendo grano de maíz con diferentes procesos, la tasa de dilución se relacionó linealmente con la

eficiencia en la síntesis de proteína microbiana (Prigge et al., 1978). La mayor eficiencia en el crecimiento bacteriano se debe, fundamentalmente, a una disminución de la energía requerida para el mantenimiento de la masa bacteriana (Hespell y Bryant, 1979). Otros factores que pueden estar involucrados en el incremento de la eficiencia del crecimiento bacteriano cuando se aumenta la tasa de dilución son: una menor depredación de bacterias por protozoarios, una menor densidad de la población bacteriana y la remoción de posibles productos inhibidores del crecimiento microbiano (Harrison y McAllan, 1980; Bergen, et al., 1980).

No se ha podido determinar el efecto de una disminución en la tasa de dilución ruminal sobre la fermentación ruminal cuando el consumo de alimento se mantiene constante (Harrison y Mc Allan, 1980).

No obstante que la eficiencia bacteriana se incrementa cuando la tasa de dilución ruminal aumenta, se ha observado que la concentración del ácido propiónico (C3) disminuye (Russell y Hespell, 1981), lo que pone de manifiesto el efecto que tiene la dinámica ruminal sobre la fermentación ruminal. Aunque las tasas de dilución de las dietas concentradas se pueden incrementar por la inclusión de forraje a la ración, pero la cantidad de C3 producido disminuye con cada aumento en el forraje (Harrison y McAllan, 1980), lo cual explicaría la disminución de la concentración de C3 cuando se incrementa la tasa de dilución. Sin embargo, el incremento en la tasa de dilución por la suplementación de sales minerales, puede aumentar la cantidad de partículas de almidón que sobrepasan la fermentación ruminal, lo cual podría afectar la producción de C3 (Russell y Chow, 1993).

El mecanismo por el cual las sales minerales incrementan la tasa de dilución no se conoce exactamente (Rogers et al., 1982), pero, probablemente se deba a un incremento en la presión osmótica del líquido ruminal, que es el

factor principal que regula el movimiento del agua dentro del rumen (Van Soest, 1982). En ovinos, la tasa de pasaje de líquidos, se incrementó linealmente, de acuerdo al aumento en la presión osmótica por infusiones de NaCl (Hovell y López, 1993).

En condiciones normales de alimentación, la osmolaridad ruminal varía entre 260 a 340 mOsm/kg (Carter y Grovum, 1990). Con dietas altas en concentrado o alfalfa peletizada, la osmolaridad ruminal puede alcanzar hasta 400 mOsm/kg en el pico post-prandial (2-3 h). Los AGV, las sales minerales del alimento (principalmente K) y los iones amonio (NH_4^+) son los principales compuestos que incrementan la osmolaridad de líquido ruminal (Warner y Stacy, 1965). Sin embargo, su contribución relativa depende de la naturaleza de la dieta (Carter y Grovum, 1990). En dietas altas en granos, en comparación con las dietas altas en forrajes, la osmolaridad del líquido ruminal es mayor, probablemente, por una mayor producción de AGV (Garza, 1990b). No obstante, cabe mencionar, que la tasa de dilución en las dietas altas en concentrado son menores que las observadas en dietas con base en forraje.

De acuerdo a lo anterior, con el uso de la pollinaza, debido a su alto contenido de minerales, en especial de sodio y potasio, y su alto contenido en NNP, podría esperarse un cambio en el consumo de agua o en la tasa de dilución ruminal. Los consumos de agua por kg de materia seca consumida fueron de 9 l/kg en novillos (245 kg) que recibieron raciones al 1% de su peso vivo con el 3% de ácido úrico o urato de sodio (Oltjen y Dinius, 1976), que son superiores a los recomendados por el NRC (1984). No obstante, Brosh et al., (1993) determinaron que niveles del 15, 30 y 45% de pollinaza no afectaron la tasa de dilución en becerros (150 kg P.V.), pero no mencionan si el consumo de agua difirió entre tratamientos.

Con respecto a la fase sólida, en animales que reciben raciones basadas principalmente en forrajes, la eficiencia de utilización de los nutrientes está determinada principalmente por la capacidad digestiva, el flujo de partículas sólidas y por la tasa y extensión de la digestión ruminal (Ellis et al., 1984). Estos conceptos son fundamentales para entender el efecto que tienen el consumo de alimento, la relación forraje-concentrado, el tamaño de la partícula y los tratamientos físicos y químicos sobre la digestibilidad y la cantidad de material potencialmente digestible que escapa a la digestión ruminal (Van Soest, 1982). En general, la digestibilidad de los carbohidratos estructurales está directamente relacionada con la tasa de digestión e inversamente relacionada a la tasa de pasaje y al contenido de paredes celulares digestibles (Van Soest, 1982; Owens y Goetsch, 1984; Fahey y Berger, 1988).

La disminución que se observa en la digestibilidad de los carbohidratos estructurales cuando se incrementa el nivel de consumo, se debe a una disminución en el tiempo de residencia del alimento en el rumen, que limita el ataque de las enzimas celulolíticas de las bacterias sobre la fibra. No obstante, Brosh et al. (1993) reportaron que, aún cuando la tasa de paso de sólidos en rumen se aumentó con la inclusión de pollinaza al 30% de la ración total, la digestibilidad de la fibra cruda y de la fibra detergente neutro de la dieta se incrementaron. Posiblemente, el número de bacterias celulolíticas se incrementa con la inclusión de pollinaza (Slyter et al., 1968), lo cual aumenta la capacidad de disminución del tamaño de partículas, aumentando la tasa de pasaje (Grovm, 1986).

En el mismo sentido, cuando el consumo de alimento se aumenta, se observa una disminución en el tiempo de rumia por unidad de paredes celulares ingeridas, traduciendo en una menor superficie para el ataque enzimático en el rumen. Por el contrario, cuando los forrajes son molidos, existe una mayor

superficie para el ataque de las enzimas celulolíticas, que se puede traducir en una mayor tasa de digestión (Owens y Goetsch, 1984; Fahey y Bergen, 1988), pero se incrementa la tasa de paso ruminal del forraje.

En contraste, la digestibilidad de los forrajes en forma larga, no ha sido afectada por el nivel de consumo, quizás porque permanecen por más tiempo en el rumen (Owens y Goetsch, 1984; Merchen, 1988) y porque exhiben una menor fracción disponible para el escape (Van Soest, 1982).

No obstante, que el tamaño de la partícula es importante para explicar su pasaje a través del rumen, las características físicas de las partículas (gravidad específica, capacidad de hidratación, sedimentación reticular), que actúan independientemente de la digestión, son más importantes en la regulación de la tasa de paso (Owens y Goetsch, 1988; Lunginbuhl et al., 1990). Dichas características cambian el sitio de localización dentro del rumen, modifican la densidad (captación de agua y minerales) y alteran la flotabilidad de las partículas (Van Soest, 1982; Grovum, 1984).

Los animales con una mayor capacidad de consumo, son animales que son más eficientes en la rumia, lo cual, les permite superar parcialmente los factores que limitan el pasaje de las partículas (densidad, flotabilidad, entre otros), por lo cual logran que una mayor cantidad de partículas atraviesen el orificio retículo-omasal en cada contracción ruminal (Lunginbuhl et al., 1990; Deswysen y Ellis, 1990). Además, el tamaño de las partículas en duodeno o en heces se ha relacionado positivamente con el consumo de alimento (Deswysen y Ellis, 1990).

Es conocido el efecto que tienen los carbohidratos como el almidón y azúcares sobre la disminución de la digestibilidad de la fibra en dietas forraje-concentrado. Aparentemente, un pH ruminal menor a 6.2, el cual se relaciona con cambios en la población bacteriana (el número de bacterias celulolíticas

disminuye) o una disminución en la adhesión de las bacterias a las partículas (Fahey y Bergen, 1988; Owens y Goetsch, 1984) expliquen el efecto que tiene el almidón sobre la digestibilidad de los carbohidratos estructurales.

Cuando la digestibilidad aparente de la fibra en el rumen disminuye, una mayor proporción de fibra es digerida en el intestino grueso (Fahey y Bergen, 1988), lo que indica un cambio en el sitio de digestión de la fibra.

El incremento en la digestibilidad de los forrajes cuando se emplean compuestos químicos (hidróxido de sodio, hidróxido de amonio, amoníaco, entre otros) puede ser explicado porque la porción potencialmente digestible de la fibra se incrementa, resultando en una mayor extensión de la digestión (Owens y Goetsch, 1988). Aparentemente, existe una interacción entre el compuesto químico y la especie forrajera sobre la tasa de digestión (Fahey y Bergen, 1988).

Finalmente, los procedimientos para el estudio del movimiento de la digesta a través del tracto gastrointestinal han sido extremadamente variables (Warner, 1981; Owens y Hanson, 1992). Los métodos matemáticos que tratan de ajustar las curvas de excreción de los marcadores son principalmente de 2 tipos (Quiroz et al., 1988): 1) Modelo multicompartamental con tasas biexponenciales e independientes del tiempo, esto implica que las partículas tienen una probabilidad similar para salir por el orificio retículo-omasal, independientemente de su tamaño o tiempo de residencia (Grovm y Williams, 1973); y 2) Modelo multicompartamental con tasas tipo gamma y dependientes del tiempo, esto implica que la probabilidad de escape a través del orificio retículo-omasal se incrementa a medida de que aumenta el tiempo de residencia de las partículas. Sin embargo, la elección de un modelo para describir la digesta ruminal no es clara, existe información contradictoria sobre la influencia de los procedimientos de muestreo, marcadores y de los modelos matemáticos sobre los estimadores del recambio de las partículas (Cochran et al., 1986).

Debido a la carencia de correlación entre los procedimientos matemáticos, se recomienda que los estimadores del pasaje de partículas sean usados como un índice relativo más que como un valor absoluto (Beauchemin y Buchanan-Smith, 1989).

2.2 METABOLISMO DEL NITROGENO EN EL RUMEN

El amonio (NH_3) es reconocido como el principal sustrato para la síntesis de proteína de la mayoría de las bacterias ruminales (Henderickx, 1976). El 80% de las especies de bacterias ruminales pueden utilizar al NH_3 como única fuente de nitrógeno, el 26% lo requieren en forma absoluta, el 55% pueden utilizar NH_3 o amino ácidos y solo el 6% requieren amino ácidos en forma absoluta (Allison, 1980).

Las concentraciones ruminales de NH_3 , reflejan las tasas relativas con las que entra o sale de la poza de NH_3 . Las fuentes de nitrógeno no proteico (urea, ácido úrico, sales de amonio, biuret) son degradadas rápidamente en el rumen, aportando exclusivamente NH_3 . El líquido ruminal puede degradar hasta 1g de urea por litro h^{-1} (Owens y Zinn, 1988). En contraste, la tasa de liberación de NH_3 a partir de las fuentes proteicas depende de la estructura y características químicas de la proteína y de las condiciones que prevalecen en el rumen, como son: el pH, la presión osmótica, la tasa de dilución de líquidos, el tipo de población microbiana, (Owens y Zinn, 1988), además de la cantidad de proteína consumida en un momento dado (Church, 1979).

El NH_3 puede desaparecer del rumen por captación microbiana, absorción a través de la pared ruminal o pasaje junto con la digesta ruminal hacia el omaso. La captación de NH_3 por los microbios ruminales está determinada, principalmente, por la disponibilidad de energía. Sin embargo, entre otros factores que influyen en la captación de NH_3 ruminal está el número y la rapidez con la cual están creciendo las bacterias (Satter, 1980). Satter y

Slyter (1974) indican que se requiere entre 2 a 5 mg de $N-NH_3$ /100 ml de líquido ruminal para mantener una síntesis microbiana eficiente. Sin embargo, la máxima tasa de fermentación ruminal (desaparición de la materia seca) se observó cuando la concentración ruminal de NH_3 era de 23.5 mg/100 ml (Mehrez et al., 1977). En vacas lecheras, se requieren entre 8 a 15 mg N/100 ml de líquido ruminal para maximizar la digestión de la materia orgánica (NRC, 1989).

Se ha postulado que la máxima utilización del NH_3 se obtiene cuando la tasa de fermentación de los carbohidratos está sincronizada con la tasa de degradación de las fuentes de nitrógeno (Johnson, 1976; Sinclair et al., 1993). Esto presupone que cualquier acumulación de amonio en el líquido ruminal, refleja un desbalance entre las tasas de fermentación de las fuentes de nitrógeno y de energía (Baldwin y Denham, 1979; Satter, 1980; Russell et al., 1991). Chamberlain et al. (1985) reportan que en cabras alimentadas con ensilaje, las concentraciones ruminales de NH_3 fueron menores en los animales suplementados con glucosa y sacarosa (mayor tasa de fermentación) que en las cabras suplementadas con almidón. En el caso de las fuentes de nitrógeno no proteico (NNP), las tasas de liberación más lentas pueden favorecer una mayor síntesis de proteína microbiana. Oltjen et al. (1968) señalan que la tasa de liberación de amonio a partir del ácido úrico fue más lenta que con urea o urea fosfato, lo cual pudo favorecer una mayor captación de nitrógeno por los microbios ruminales y aumentar la síntesis de proteína microbiana.

No obstante, las altas concentraciones de NH_3 no necesariamente representan un desperdicio, puesto que pueden actuar como reserva para el subsecuente crecimiento bacteriano, y además, pueden modificar el pH a través de la formación de bicarbonato de amonio (Smith, 1979). En este sentido, altas concentraciones de NH_3 pueden ser necesarias para que penetre a los

microambientes donde crecen las bacterias celulolíticas (Owens y Bergen, 1983) o a las colonias bacterianas dentro de los gránulos de almidón donde la tasa de captación de NH_3 puede ser muy alta (Allison, 1980). Si bien la eficiencia de la síntesis microbiana no se ha mejorado por altos niveles de NH_3 en el rumen, tampoco ha tenido efectos negativos sobre esta (Garza et al., 1992b).

El reciclaje de la urea al rumen por medio de la saliva es una característica distintiva de los rumiantes, que les permite conservar nitrógeno cuando el contenido de la dieta es bajo en proteína (Kennedy y Milligan, 1980). Cuando los animales consumen raciones donde la fuente principal de proteína es nitrógeno no proteico, la concentración ruminal de NH_3 se eleva rápidamente, provocando una rápida absorción de NH_3 a través de la pared ruminal; en esta situación, el reciclaje del nitrógeno puede jugar un papel importante en la utilización del nitrógeno (Garza et al., 1992a).

La absorción de NH_3 a través de la pared ruminal depende del pH y de su concentración en el líquido ruminal (Owens y Bergen, 1983; Leng y Nolan, 1984). Se estima que la cantidad de N-NH_3 absorbido puede ser de 4 g d^{-1} , cuando su concentración en el líquido ruminal es igual a 0.4 mg/l , en cambio cuando la concentración de N-NH_3 se eleva a 1.2 mg/l , la absorción puede ser de 12 g d^{-1} (Leng y Nolan, 1984).

El NH_3 absorbido es convertido a urea en el hígado. El incremento en los niveles sanguíneos de urea (US) probablemente éste relacionados a la conversión de NH_3 a urea en el hígado. Kennedy y Milligan (1980) encontraron que la concentración de US tiene mayor relación con el nivel de NH_3 en rumen, que con el contenido de proteína cruda de la ración. Se ha observado que las concentraciones máximas de US ocurren entre 1.5 a 2 h posteriores al nivel máximo de NH_3 en rumen (Gustafsson y Palmquist, 1993), pero no se ha explicado porque existe tal desfaseamiento.

La urea sanguínea ha sido utilizada como un índice para predecir la utilización del nitrógeno. Preston (1980) señala que niveles mayores a 20 mg de urea/100 ml en sangre representa un desperdicio de proteína. Esto puede ser importante, si consideramos que la urea sanguínea puede alcanzar hasta 54 mg de urea/100 ml en animales que consumen pollinaza como único alimento (Alves et al., 1994).

La cantidad de urea que puede ser sintetizada en el hígado de los bovinos varía de 150 a 366 mmol h⁻¹, dependiendo de la naturaleza de la ración (Huntington, 1989), sin embargo, es un proceso costoso desde el punto de vista energético; se considera que se requieren 4 moles de ATP por mol de urea sintetizada. En el rumiante, la síntesis de urea es el evento que más gasta energía en el hígado, sin embargo, la cantidad de energía que es destinada para la síntesis de urea no es fija y, cualquier proceso que aumente la producción de amonio (tipo de dieta, nivel de consumo y estados patológicos) incrementará el consumo de energía por el hígado (McBride y Kelly, 1990). Weeks et al. (1978) señalan que ante una mayor demanda para eliminar amonio en hepatocitos de ovino, ocurre una competencia por ATP entre la síntesis de urea y la formación de glucosa a partir de propionato. Asimismo, cuando se absorben grandes cantidades de amonio ruminal, el hígado remueve una mayor cantidad de aminoácidos de la circulación sanguínea, de tal forma que la disponibilidad de aminoácidos para los tejidos periféricos puede disminuir (Reynolds, 1992), lo cual puede afectar la respuesta animal.

La adición de aminoácidos preformados a dietas purificadas con urea como fuente de nitrógeno, ha incrementado la producción de proteína microbiana (Harrison y McAllan, 1980). Se considera que de un 20 a un 50 % del nitrógeno bacteriano proviene de aminoácidos o péptidos. En una mezcla de bacterias ruminales, con un exceso de caseína y NH₃ marcado, el 64% de

los aminoácidos fueron depositados directamente en la proteína microbiana (Russell et al., 1991). No obstante, la eficiencia en la síntesis de proteína microbiana *in vivo*, no se ha mejorado cuando se suministran aminoácidos directamente al rumen. Posiblemente debido a la alimentación cruzada que existe en el rumen, suministrando los amino ácidos que requieren algunas bacterias para su desarrollo (Owens y Bergen, 1983).

Finalmente, el nivel de consumo, la relación forraje-concentrado, el procesamiento de los ingredientes y las necesidades de nutrientes específicos por las bacterias son factores que pueden alterar la producción de proteína microbiana (Bergen et al., 1980).

2.3 ACIDOS GRASOS VOLATILES

Los ácidos grasos volátiles (AGV) representan la principal fuente de energía (50-85% de la energía metabolizable) para los rumiantes que consumen dietas con base en forraje (Owens y Goetsch, 1988). Los principales AGV son: acético (C2), propiónico (C3) y butírico (C4). La producción de AGV, por kg de materia orgánica ingerida, es mayor en las dietas concentradas que en dietas con base en forraje.

La composición porcentual de AGV está influenciada principalmente por el tipo de dieta y estatus metanogénico de la población microbiana (Van Soest, 1982). Usualmente, una mayor proporción molar de C2 es observada en animales que consumen ensilajes, forrajes henificados o pasturas maduras, mientras que en los animales que consumen dietas altas en concentrado, la concentración molar de C3 es mayor, disminuyendo la relación C2:C3 y, la presencia de ácidos grasos de cadena ramificada está relacionada al consumo de dietas con altos niveles de proteína verdadera degradable en el rumen (Church, 1969).

Las concentraciones de AGV en el líquido ruminal reflejan el balance entre producción y absorción, donde una mayor tasa de producción se manifiesta en una mayor concentración (Van Soest, 1982; Owens y Goetsch, 1988). La ingestión de alimento fácilmente fermentable incrementa rápidamente las concentraciones de AGV en el líquido ruminal, observándose el nivel máximo entre las 2 y 3 h posprandiales.

La absorción de AGV depende principalmente de su concentración en el líquido ruminal, de la longitud de la cadena y del pH ruminal (Blaxter, 1964; Van Soest, 1982; Carter y Grovum, 1990). La absorción de AGV ocurre principalmente en su forma libre y es mayor en dietas concentradas donde el pH ruminal tiende a ser ácido (Van Soest, 1982; Orskov y Ryle, 1990). Además de ser una fuente importante de energía para el animal, la remoción de AGV del líquido ruminal mantiene el pH y la presión osmótica del líquido ruminal dentro de los límites normales (Van Soest, 1982).

La inclusión de pollinaza en la dieta ha incrementado la concentración de los AGV en el líquido ruminal, sin alterar la proporción molar de los mismos (Smith y Calvert, 1976).

2.4 POLLINAZAS

En México, se estima que el inventario de pollo de engorda asciende a 166 millones de aves (Shwedel, 1994), y que por cada 1,000 aves se producen aproximadamente 800 kg de pollinaza por ciclo (incluyendo cama), la disponibilidad de este recurso puede estimarse en 135 mil toneladas anuales.

Los principales factores que alteran la composición química de la pollinaza son: el tipo de cama utilizada (paja de trigo, paja de avena, viruta de madera, cascarilla de arroz, etc), el sistema de crianza (piso o jaula) y el manejo durante la recolección y el almacenaje (Bhattacharya y Taylor, 1975; Jakhmola et al., 1988). En los sistemas de producción avícola, el porcentaje de alimento

desperdiciado por las aves que se considera como aceptable es 2-3% del alimento utilizado. González (1983) estimó que se desperdiciaron 1,885 kg de alimento en una parvada de 12,500 aves alimentadas por 9 semanas. Considerando una cantidad de 800 kg de pollinaza por 1,000 aves, el alimento desperdiciado puede constituir casi el 19% de la pollinaza, lo que indica que la calidad nutritiva de la pollinaza dependerá del manejo del comedero en la granja, y consecuentemente puede ser un factor importante en el valor nutritivo de la pollinaza.

Una de las principales desventajas de la pollinaza, respecto a otros ingredientes utilizados en la alimentación animal, es la variabilidad en su composición química. De acuerdo a Holzer et al. (1976), el 36 % de muestras de pollinaza (n=150) contenían menos del 20% de cenizas y 28% de proteína cruda, el 52% contenían entre 20-30% de cenizas y 20% de proteína y el 12% de las muestras contenían más del 30% de cenizas y el 16% de proteína.

En el Cuadro 2.1, se muestran varios reportes de la composición química nutricional de la pollinaza. Se considera a la pollinaza como un ingrediente proteico, con un contenido medio en energía, y alto en cenizas, especialmente en: calcio, fósforo, potasio, sodio y cobre.

Smith et al. (1993) indican que con tan sólo el 20% de inclusión de pollinaza en la dieta, los requerimientos de todos los minerales en el ganado de carne pueden ser cubiertos, aunque, al parecer los requerimientos de yodo y cobalto no pueden ser satisfechos con este nivel de pollinaza.

La capacidad que tiene la flora ruminal para sintetizar proteína a partir de fuentes de NNP (ácido úrico, urea, biuret, y sulfato de amonio), favorece la utilización de la pollinaza en raciones para rumiantes, ya que del nitrógeno total de la pollinaza, el 56% es nitrógeno no proteico, el 38% se encuentra como

CUADRO 2.1

COMPOSICION QUIMICA Y NUTRICIONAL DE LA POLLINAZA

NUTRIENTE	(A)		REFERENCIA		(D)		
	MEDIA	DE ¹	MEDIA	DE	MEDIA	MEDIA	D.E.
Materia seca %	84.7 ± 4.2	-	-	-	-	86.1	-
Composición de la materia seca							
Proteína cruda %	31.3 ± 2.9	-	25.1 ± 6.5	-	-	34.2 ± 5.8	-
Proteína verdadera %	16.7 ± 2.4	-	-	-	-	-	-
Proteína digestible %	23.3	-	-	-	-	-	-
Digestibilidad proteína %	74.6 ± 3.5	-	-	-	-	-	-
Fibra cruda %	16.8 ± 1.9	-	-	-	-	13.2 ± 4.4	-
Extracto etéreo %	3.3 ± 1.3	-	-	-	-	1.3 ± 0.8	-
ELN %	29.5 ± 1.6	-	-	-	-	34.2 ± 6.0	-
Cenizas %	15.0 ± 3.2	-	-	-	-	18.5 ± 4.5	-
DE Mcal/kg	2.4	-	-	-	-	-	-
EM Mcal/kg	2.2	-	-	-	-	-	-
TDN %	72.5	-	-	-	-	-	-
Calcio %	2.4 ± 0.9	-	2.8 ± 0.3	-	2.8	-	-
Fósforo %	1.8 ± 0.4	-	2.1 ± 0.3	-	-	-	-
Azufre %	-	-	0.7 ± 0.1	-	-	-	-
Potasio %	1.8	-	2.7 ± 0.3	-	1.7	-	-
Sodio %	0.5	-	0.8 ± 0.1	-	0.4	-	-
Cobre mg/kg	98.0	-	613 ± 228	-	151.0	-	-
Cobalto mg/kg	-	-	-	-	3.8	-	-

1) DE= Desviación estandar

A) Bhattacharya y Taylor (1975)

B) Smith et al. (1983)

C) Aguiar et al. (1987)

D) Rodríguez et al. (1990)

ácido úrico (AU) y el 31% es nitrógeno de aminoácidos (Swingle et al., 1977).

La pollinaza como suplemento proteico ha demostrado tener un valor similar a los ingredientes que poseen proteínas degradables en rumen, como es la pasta de soya. Cuando la pollinaza substituyó a la pasta de soya en cantidades isonitrogenadas: 0, 20 y 40%, la ganancia de peso, la digestibilidad y la retención de nitrógeno fueron similares en borregos, consumiendo aproximadamente 595 g d⁻¹ de materia orgánica (Smith y Calvert, 1976). Por otro lado, la excreta de ave de postura (gallinaza) fue similar a la urea como suplemento proteico cuando se compararon con base en el nitrógeno retenido (Swingle et al., 1977). Sin embargo, Oltjen y Dinius (1976) mencionan que el ácido úrico fue mejor que la urea como suplemento proteico en novillos, ya que la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia fueron superiores.

Finalmente, el comportamiento del ganado alimentado con pollinaza ha sido similar al del ganado alimentado con dietas estandar, así Smith y Wheeler (1979) al resumir varios trabajos, encontraron que los animales alimentados con 24% de pollinaza, en promedio, ganaron 0.05 kg d⁻¹ menos, consumieron 0.3 kg más de alimento y se requirieron 10% más de alimento por kg de ganancia que los animales alimentados con dietas convencionales. Sin embargo, hay reportes donde animales consumiendo hasta el 40% de la ración como pollinaza ganaron 1.2 kg (Muftic et al., 1969 citado por Bhattacharya y Taylor, 1975).

En México, con ganado de carne engordado bajo condiciones experimentales en corral, se han observado ganancias de peso aceptables (0.9 a 1.2 kg/d) cuando se emplean niveles de inclusión de 18 a 25 % de pollinaza en dietas bajas en grano (29 %) (Magaña y Rodríguez, 1986). Cuarón et al. (1978) probaron diferentes niveles de inclusión de pollinazas (0, 13, 26 y 40%) en raciones para novillos y ovinos finalizados en corral, y concluyeron que el mejor nivel de inclusión de pollinaza fue el 26% de la ración total.

CAPITULO III

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de pollinaza en la ración sobre el consumo de agua, la cinética y la fermentación ruminal, la digestibilidad aparente de la ración y sobre los niveles de urea sanguínea en bovinos consumiendo dietas con base en grano de maíz y rastrojo de sorgo.

MEDICIONES ESPECIFICAS:

1. El consumo diario de agua.
2. La digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína cruda y fracciones de fibra.
3. Cinética ruminal de las fases líquida y sólida.
4. El patrón de fermentación ruminal.
5. Los cambios posprandiales del nitrógeno amoniacal y pH ruminal.
6. La concentración pre y posprandial de urea sérica.

CAPITULO IV

MATERIAL Y METODOS

Se realizaron 2 experimentos en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, ubicado en el municipio de Colón, Querétaro, situado a 1990 msnm, con clima BS1K(w), semiseco templado, con lluvias en verano y una precipitación pluvial anual de 460 a 630 mm, con temperatura media anual de 15C (Soria et al., 1987).

EXPERIMENTO 1

Los objetivos específicos del experimento fueron determinar el efecto del nivel de inclusión de pollinaza sobre la ganancia de peso, consumo de agua y alimento (materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido), digestibilidad aparente de las raciones y parámetros ruminales (tasa de paso de las partículas en rumen, tasa de paso de partículas en ciego-colón, volumen ruminal, tiempo de tránsito, tiempo medio de retención en el rumen y en ciego-colón, tiempo medio de retención total y tasa de dilución de los líquidos).

Previo al experimento (30 d), los animales fueron desparasitados internamente con febendazol (vía oral; 5 mg/kg), vitaminados intramuscularmente con vitamina A= 2,500,000 UI, D= 350,000 UI y E= 250 UI, y vacunados con una bacterina triple (Pasteurella multocida tipos A y D, Pasteurella haemolytica; Clostridium chauvoei y Clostridium septicum).

El experimento tuvo una duración de 64 días. Se utilizaron ocho novillos (342 kg P.V.) con diferente encaste de razas europeas y cebuínas (Limousin, Pardo Suizo, Charolais, Simmental y Brahman), los cuales fueron pesados sin previo ayuno de agua o alimento a las 0700, los días 1, 5 y 16 de cada período

experimental, y alojados en corrales individuales (60 m²) con comederos tipo canoa, bebederos de lámina, piso de tierra y sin techo para sombra.

Los animales fueron distribuidos de acuerdo a un diseño experimental de Cuadrado Latino 4 X 4 (Federer, 1955) con 4 periodos experimentales de 16 d cada uno. Los primeros 4 días de cada período experimental, se utilizaron para cambiar gradualmente los concentrados a los animales entre los periodos experimentales. El registro del peso de los animales, el consumo de alimento, el consumo de agua, el muestreo de heces y la dosificación de los marcadores, se realizaron entre el día 5 al día 16 de cada período experimental. El programa de actividades y muestreos para cada período experimental se presenta en el Cuadro 4.1.

El análisis químico de los principales ingredientes utilizados en el experimento se muestran en el cuadro 4.2. Asimismo, la composición porcentual y el análisis químico de los concentrados experimentales se muestran en el Cuadro 4.3. Los tratamientos consistieron en 4 concentrados a base de grano quebrado de maíz amarillo y distintos niveles de pollinaza. El concentrado sin pollinaza (control), consistió de una mezcla de grano quebrado de maíz y pasta de soya. En los concentrados con 0 y 15 % de pollinaza se incluyó carbonato de calcio (CaCO₃) con la finalidad de mantener una relación Ca:P de 1.6 en todos los tratamientos.

La cantidad total diaria de alimento ofrecida se fijó en el 2.2 % del peso vivo (base seca); de la cual, el 1.32% del peso vivo (60% de la ración total) correspondió al concentrado, y el 0.88% del peso vivo (40% de la ración total) al forraje (rastroy de sorgo entero).

El concentrado y el forraje fueron ofrecidos en forma separada dentro del comedero una vez al día (0800).

CUADRO 4.1

ESQUEMA DE ACTIVIDADES Y MUESTREO
(EXPERIMENTO No. 1)

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
MEDICION																	
PESAJE	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
ALIMENTO	C	C	C	C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
RECHAZO	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
AGUA	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
AGUA RESIDUAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
DOSIFICACION																	
CROMO	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-
YTERBIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
COBALTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
MUESTREO DE HECES																	
DIGESTIBILIDAD	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-
CINETICA RUMINAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-

C= Cambio de concentrado

CUADRO 4.2

COMPOSICION QUIMICA DE LOS PRINCIPALES INGREDIENTES (EXPERIMENTOS 1 y 2)

NUTRIMENTO	GRANO		PASTA	RASTROJO
	POLLINAZA	MAIZ	SOYA	SORGO
Materia seca %	84.8	87.4	91.0	90.6
Composición de la M.S. ¹ %				
Materia orgánica	82.8	98.0	91.9	85.7
Proteína cruda	31.9	8.1	48.4	4.0
Proteína soluble ²	19.6	0.7	7.7	-
Fibra detergente neutro	36.6	17.2	14.0	77.1
Fibra detergente ácido	14.6	5.3	10.7	56.1

1) M.S.= materia seca.

2) Proteína soluble en solución amortiguadora de bicarbonato - fosfato (Krishnamoorthy et al., 1982)

CUADRO 4.3**COMPOSICION PORCENTUAL Y QUIMICA DE LOS CONCENTRADOS
(EXPERIMENTO 1 y 2)**

INGREDIENTE	NIVEL DE POLLINAZA (BASE SECA)			
	0	15	30	45
GRANO MAIZ	68.4	80.7	66.0	51.0
POLLINAZA	0.0	15.0	30.0	45.0
PASTA SOYA	26.8	-	-	-
MELAZA	3.0	3.0	3.0	3.0
SAL	1.0	1.0	1.0	1.0
CaCO ₃	0.8	0.3	0.0	0.0
COMPOSICION QUIMICA				
Materia orgánica %	95.4	94.7	93.0	90.4
Proteína cruda %	19.0	12.7	15.3	19.2
Proteína soluble % ¹	2.7	3.7	6.5	9.3
Fibra detergente neutro %	19.4	25.3	34.6	33.2
Fibra detergente ácido %	5.1	6.8	8.4	9.4

1) Valor calculado con base al análisis de los ingredientes.

Los rechazos de alimento fueron pesados y muestreados diariamente, y consistieron de ambas fracciones (concentrado y forraje). Al final de cada período experimental, se preparó una muestra compuesta de los rechazos por animal para su posterior análisis químico en el laboratorio.

El consumo de agua (CAGUA) se registró sumando los litros diarios de agua que se adicionaban al bebedero menos la cantidad de agua presente en el bebedero al final de cada período experimental. Como los corrales no tenían techo y el trabajo se realizó durante la época de lluvias, se registró diariamente la precipitación pluvial en cada período experimental para poder ajustar la cantidad de agua ofrecida, sin embargo no se midió la evaporación.

La digestibilidad aparente de las raciones se determinó mediante el método de colección parcial de heces, utilizando óxido de cromo (Cr_2O_3) como marcador externo (Kotb y Luckey, 1972). Previo a la dosificación del Cr_2O_3 , se tomaron muestras de heces (muestra blanco) en cada período experimental para ajustar la curva estándar de cromo al momento del análisis. La dosificación del marcador se inició a partir del día 5 de cada período experimental; los animales recibieron 6g de Cr_2O_3 en cápsulas de gelatina, repartidos en 2 dosis (3g cada una) a las 0800 y 1600 por vía oral durante 8 días consecutivos. Las cápsulas con el marcador se ofrecieron mezcladas con melaza (20-30g) en el comedero. Durante los días 10, 11 y 12 de cada período experimental, se colectaron 3 muestras diarias (0800, 1400 y 2000) de heces directamente del recto de cada animal. Posteriormente, las muestras fecales se secaron a 55 C por 48 h en una estufa de aire forzado y se molieron en un molino Willey con criba de 2 mm. Antes de la determinación de Cr_2O_3 , se elaboró una muestra compuesta por animal y período.

La determinación de la concentración de Cr_2O_3 en heces se realizó por duplicado, de acuerdo a la técnica descrita por Fenton y Fenton (1979), y las

lecturas se realizaron en un espectrofotómetro (Spectronic 20, Milton Roy Company) a 440 nm de longitud de onda.

Para determinar la tasa de dilución ruminal de la fase líquida se utilizó el complejo Co-EDTA (Udén et al., 1980); y para estimar la tasa de paso ruminal de partículas se empleó el acetato de yterbio unido al rastrojo de sorgo mediante el procedimiento de inmersión-lavado (Teeter, 1984). El procedimiento se describe en el Apéndice No 1. La dosificación de los marcadores se realizó por la mañana (0800) del día 11 de cada período experimental; se ofreció aproximadamente un 1g de cobalto a partir del complejo Co-EDTA (15.02% de Co) en cápsulas de gelatina (6 ó 7); las cápsulas se ofrecieron de manera semejante a la descrita para suministrar el Cr_2O_3 . Inmediatamente después de dosificar el cobalto, se ofreció una mezcla de 130 g de rastrojo de sorgo marcado con el yterbio (1.421 g de yterbio, base seca), 50 g heno molido de alfalfa y 100g de cascarilla de algodón. La mezcla se ofreció a los animales como máximo por una hora, sin embargo la mayor parte era consumida dentro de los primeros 15-20 min.

Después de la dosificación de los marcadores, se colectaron muestras (0, 4, 6, 8, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 96 y 120 h post-dosis.) para determinar la concentración de los marcadores en heces. Para la determinación de la tasa de dilución de líquidos se utilizaron las muestras de las primeras 48 h post-dosis.

Ambos marcadores se extrajeron de las muestras de heces de acuerdo a la metodología descrita por Hart y Poland (1984); y la concentración de los marcadores en heces se determinó en un espectrofotómetro de absorción atómica Parkin-Elmer 2380 en el Centro de Estudios Académicos de la Contaminación Ambiental de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Para analizar las curvas de excreción del yterbio en heces, se siguió el procedimiento descrito por Colucci (1984) para un modelo de dos compartimientos y un tiempo de tránsito (Grovm y Williams, 1973):

$$y = Ae^{-k_1(t-TT)} - Ae^{-k_2(t-TT)} \text{ para } t > TT ; y=0 \text{ para } t < TT$$

donde y = concentración del marcador en heces, A es un parámetro, $e = 2.7183$, k_1 = la tasa de paso del marcador en el retículo-rumen ($\% h^{-1}$), k_2 = tasa de paso del marcador en ciego y colón proximal ($\% h^{-1}$), t = tiempo de muestreo (h), TT = tiempo de tránsito (aparición del marcador en el heces).

Los parámetros (k_1 , k_2 , TT y A) fueron estimados usando el procedimiento de regresión no lineal (NLIN, método iterativo de Marquardt) del paquete estadístico de SAS (1988).

En el apéndice No 2 se muestra el procedimiento completo descrito por Colucci (1984).

La pendiente de la porción descendente de la curva de excreción del marcador en heces graficada contra el tiempo de muestreo (gráfica semilogarítmica) representa la tasa de dilución de la fase líquida. La pendiente se calculó por regresión lineal, utilizando el modelo descrito por Colucci, 1984:

$$\ln Y = \ln A - kt$$

donde:

$\ln Y$ = logaritmo natural de la concentración del marcador en heces en el tiempo (t); A es la concentración del marcador en el tiempo cero y k es la tasa de dilución.

La paja, el grano de maíz, la pasta de soya, los concentrados, el rastrojo de sorgo y los rechazos de alimento fueron analizados para determinar materia seca (MS) a 100 C, materia orgánica (MO) a 550 C, proteína cruda (PC)

(Nx6.25) (Tejada, 1992); fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) (Goering y Van Soest, 1975). Además se determinó la proteína soluble en solución amortiguadora de bicarbonato-fosfatos (Krishnamoorthy et al., 1983) de la pollinaza, del grano de maíz y de la pasta de soya.

Todas las variables de respuestas fueron analizadas estadísticamente utilizando el siguiente modelo (Federer, 1955):

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + A(C)_{j(i)} + P(C)_{k(i)} + T_l + E_{(ijk)l}$$

donde:

Y_{ijkl} = Respuesta del l-esimo animal dentro del i-esimo cuadro, durante el k-esimo período, recibiendo el j-esimo tratamiento.

μ = Media de la población.

C_i = Efecto de i-esimo cuadro.

$A(C)_{j(i)}$ = Efecto del j-esimo animal, dentro del i-esimo cuadro.

$P(C)_{k(i)}$ = Efecto del k-esimo período dentro del i-esimo cuadro.

T_l = Efecto del l-esimo tratamiento.

$E_{(ijk)l}$ = Error experimental.

Se utilizaron los procedimientos generales para modelos lineales SAS. (1988). Las tendencias de las variables de respuesta se analizaron utilizando contrastes ortogonales (Steel y Torrie, 1981).

Debido a que 2 animales fueron retirados del experimento por enfermedad, uno al inicio y el otro durante la fase de adaptación del tercer período, se estimaron los datos perdidos por medio de un procedimiento de generalización con el paquete estadístico de SAS (1988).

EXPERIMENTO 2

El objetivo de éste estudio fue determinar el efecto de diferentes niveles de pollinaza en la ración sobre las concentraciones ruminales pre y postprandiales del nitrógeno amoniacal, pH y la proporción molar de los principales ácidos grasos volátiles, y así como los cambios en la concentración pre y posprandial de urea sérica.

Previo al experimento (30d), cuatro novillos de la raza Brahman recibieron un manejo sanitario similar al descrito para los animales del experimento 1. Posteriormente, los animales fueron intervenidos quirúrgicamente (Garza, 1990a), para colocarles una cánula permanente en rumen (Bar Diamond, Inc. diámetro interior de 10 cm). Los animales fueron alojados en corrales individuales (60 m²) con comederos tipo canoa, bebedero de cemento, piso de tierra y sin techo para sombra.

El registro del peso vivo de los animales, el consumo de alimento, los muestreos de líquido ruminal y sangre, se realizaron entre el día 5 al 12 de cada período experimental. El programa de actividades y muestreos de cada período experimental se presenta en el Cuadro 4.4.

Los novillos (242 kg P.V.) fueron alimentados, una vez al día, de acuerdo a un diseño experimental de Cuadrado Latino 4 x 4 (Federer, 1955), con 4 períodos experimentales de 12 d cada uno durante 48 días de experimentación.

Los concentrados experimentales se muestran en el Cuadro 4.3, el nivel de alimento ofrecido y el sistema de alimentación fueron similares a los del experimento 1.

Los animales fueron pesados (0700) sin previo ayuno de agua o alimento durante los días 1, 5 y 12 de cada período experimental con la finalidad de ajustar la cantidad de alimento ofrecido.

CUADRO 4.4

ESQUEMA DE ACTIVIDADES Y MUESTREO (EXPERIMENTO No. 2)

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MEDICION												
PESO VIVO	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
ALIMENTO	C	C	C	C	X	X	X	X	X	X	X	-
RECHAZO	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X
MUESTREO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-

MUESTREO DURANTE EL DIA 11 (TIEMPO POSPRANDIAL, h)

TIEMPO	0 ¹	1	2	4	6
RUMEN	X	X	X	X	X
SANGRE	X	-	-	X	-

1) El alimento fue ofrecido inmediatamente después de este muestreo.

C= Cambio de concentrado entre periodos

Para determinar el N-NH₃, pH y los ácidos grasos volátiles (AGV) en el líquido ruminal, se obtuvieron muestras de contenido ruminal del saco ventral del rumen (500ml) antes de ofrecer el alimento y a las 1, 2, 4 y 6 h posteriores de haber recibido el alimento (0, 1, 2, 4, y 6 h posprandial, respectivamente) durante el día 11 de cada período experimental. El contenido ruminal se filtró a través de 8 capas de gasa, inmediatamente después, se determinó el pH con un potenciómetro (Conductronic PH20, Puebla, Mex.). A otra porción del líquido ruminal (150 ml) se centrifugó a 700 g x 10 min para determinar en el sobrenadante el N-NH₃ por el método de fenol-hipoclorito (Boderick y Kang, 1984). Las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 630 nm (Spectronic 20, Milton Roy Company). Se elaboró una muestra compuesta de líquido ruminal por animal-período para la determinación del patrón de AGV, la cual se mantuvo en congelación (-20 C) hasta el momento de su análisis (Tejada, 1992). En el presente estudio, las muestras de líquido ruminal presentaron aún turbidez después de la centrifugación señalada en la técnica, por lo cual se sometieron a una segunda centrifugación (5,000 g x 10 min). Al sobrenadante, se le adicionó 1 microlitro de acetona por ml de líquido ruminal (estandar interno) y se leyó. La lectura se realizó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard Mod. 5840-A con detector de flama, con una columna Free Fatty Acid Phase de 6 ft y el N₂ como acarreador (Tejada, 1992).

En el día 11 de cada período experimental, se colectaron 10 ml de sangre por punción en la vena yugular a las 0 y 4 h posprandiales sin anticoagulante y por duplicado. Inmediatamente después las muestras fueron centrifugadas a 1,800 g x 10 min.

La concentración de urea en suero se determinó con el método de diacetilmonoxima, utilizando un equipo comercial (Urea-DAM 3341, Mercktest), y

las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro (Spectronic 20, Milton Roy Company) a 540nm de longitud de onda.

La concentración de urea sérica se calculó utilizando la fórmula:

$$\text{Urea (mg/100 ml)} = \frac{\text{Absorbancia muestra problema}}{\text{Absorbancia del estandar}} \times 40 \text{ mg / 100 ml}$$

Las dietas experimentales y los rechazos de alimento fueron analizados para MS, MO y PC de forma similar que en el experimento 1.

Los datos para N-NH₃, pH y urea sanguínea se analizaron como un Cuadrado Latino con parcelas divididas (tiempo dentro de tratamiento; Federer, 1955). El término de error para la parcela grande (tratamiento) fue la interacción tratamiento x animal x período. El término de error para la parcela chica (tiempo) y la interacción tiempo x tratamiento fue el error experimental. El modelo estadístico se muestra a continuación:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + T_k + APT_{ijk} + TMP_l + T*TMP_{kl} + E_{(ijkl)}$$

donde:

Y_{ijkl} = concentración de compuesto en l-esimo tiempo, en el k-esimo tratamiento, durante j-esimo período del i-esimo animal.

μ = Media de la población.

A_i = Efecto de i-esimo animal.

P_j = Efecto de j-esimo período.

T_k = Efecto del k-esimo tratamiento.

APT_{ijk} = Error de la parcela grande .

TMP_l = Efecto del l-esimo tiempo de muestreo.

$T*TMP_{kl}$ = Interacción del k-esimo tratamiento y l-esimo tiempo de muestreo.

$E_{(ijk)}$ = Error experimental.

Además se realizó un análisis de correlación entre las concentraciones de $N-NH_3$ y el pH en el líquido ruminal de las 0, 1, 2 y 4 h posprandiales y la concentración de urea sanguínea a las 4 h posprandiales.

Las variables de respuesta ganancia de peso, consumo de alimento y AGV fueron analizadas como un Cuadrado Latino 4 x 4 (Federer, 1955).

Se utilizaron los procedimientos generales para modelos lineales y la prueba de Student-Newman-Keuls para la comparación de medias del paquete estadístico de SAS (1988).

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION

EXPERIMENTO I

El consumo de materia seca (CMS), y el consumo de materia orgánica (CMO) no fueron afectados ($P>0.05$) por el nivel de pollinaza, en la dieta (Cuadro 5.1). Se esperaba que el CMO disminuyera con la inclusión de pollinaza en el concentrado. Independientemente del tratamiento, el consumo promedio de materia seca fue bajo (1.97% del peso vivo). Esto se puede explicar porque como el forraje se ofreció entero, las partículas de tierra que se encontraban entre este, fueron rechazadas por los animales y se cuantificaron como alimento rechazado; esto se reflejó en un alto contenido de cenizas (30.5%) en las muestras de rechazo de alimento.

La diferencia ($P<0.01$) en el consumo de proteína (CPC) entre tratamientos fue proporcional al nivel de proteína del concentrado (Cuadro 5.1). De forma similar, los animales que consumieron los concentrados con pollinaza, ingirieron una mayor ($P<0.01$) cantidad de fibra detergente neutro (CFDN) y de fibra detergente ácido (CFDA), que refleja la diferencia en el contenido de estas fracciones en los concentrados experimentales (Cuadro 4.3).

El consumo de agua (CAGUA) y el consumo de agua por kg de MS ingerida (CAM) fueron mayores ($P<0.01$) en los animales que recibieron 30% y 45% de pollinaza que los novillos que recibieron los tratamientos con 15% de pollinaza o pasta de soya (Cuadro 5.1). Este aumento podría estar relacionado con un mayor consumo de minerales o de ácido úrico (AU) al incluir pollinaza en la ración. Con niveles de pollinaza en la ración total para ganado de carne entre 18 a 25% (Cuarón et al., 1978; Smith y Wheeler, 1979; Magaña y Rodríguez, 1986) el Na y K podrían estar en exceso de lo recomendado por el NRC (1984).

CUADRO 5.1

CONSUMO DE NOVILLOS ALIMENTADOS CON DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE POLLINAZA (EXPERIMENTO 1)

VARIABLE ¹	NIVEL DE POLLINAZA				EEM	P < X ²		
	0	15	30	45		L	C1	C2
n	7	6	6	7				
Peso vivo, kg	363.50	368.75	361.67	364.00	1.47	ns	ns	ns
MS, (kg d ⁻¹)	6.98	7.31	7.37	7.16	0.18	ns	ns	ns
MO, (kg d ⁻¹)	6.80	7.02	6.98	6.62	0.16	ns	ns	ns
PC, (kg d ⁻¹)	0.97a	0.70c	0.81b	0.95a	0.02	ns	.01	.01
FDN, (kg d ⁻¹)	2.75b	3.23a	3.78a	3.68a	0.10	ns	.05	.04
FDA, (kg d ⁻¹)	1.60b	1.79ab	1.89a	1.97a	0.05	.01	ns	ns
Agua, (l d ⁻¹)	31.54b	29.82b	35.74a	36.70a	0.94	ns	.01	.02
Agua, (l/kg MS)	4.45b	4.24b	4.90a	5.14a	0.07	.01	ns	ns

1) MS= materia seca, MO= materia orgánica, PC = proteína cruda, FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente ácido.

2) Contraste ortogonales: L=Lineal, C1=Cuadrático y C2=Cúbico.

a, b, c cifras dentro del mismo región con distinta literal son diferentes estadísticamente (P<0.01).

Es probable, que el exceso de estos minerales este relacionado con el incremento en el consumo de agua, como lo observado cuando se suplementan o infusionan en rumen sales minerales, NaCl o bicarbonato de sodio (Elieman y Davis, 1962; Rogers et al., 1982; Chase et al., 1988). Sin embargo, la osmolaridad ruminal tendría que superar el nivel de 390 mOsm/kg, que es al nivel donde se observa un flujo neto de agua corporal hacia el rumen (López y Hovell, 1993), el cual podría provocar una hemoconcentración en el animal, estimulando un mayor consumo de agua (Ferreiro, 1984). En condiciones normales de alimentación la osmolaridad ruminal varía entre 260 a 340 mOsm/kg (Carter y Grovum, 1990).

Respecto al ácido úrico, Oltjen y Dinius (1976) reportan que novillos (245 kg P.V.) alimentados al 1% de su P.V. con una ración con el 3% de AU, consumieron 27 l de agua; lo cual contrasta con el CAGUA de 29.1 y 26.2 l y el CAM de 3.0 y 2.8 de novillas de 581 kg de P.V. alimentadas a un nivel de consumo del 1.8 % de P.V. con dietas con base en forraje o dietas altas en grano, respectivamente (Garza, 1990b). Enfatizando con esto, el posible efecto que tiene el AU de la pollinaza sobre el consumo de agua. Sin embargo, en el presente estudio, considerando que la pollinaza contiene aproximadamente el 12% de AU (Swingle et al., 1977), se calcula que se ofrecieron 0, 64, 129 y 188g d⁻¹ de AU para los tratamientos con 0, 15, 30 y 45 % de pollinaza, respectivamente, que es superior al ofrecido por Oltjen y Dinius (1976), lo que indica que pueden existir otros factores relacionados al consumo de la pollinaza que modifican la cantidad de agua consumida.

Los CAM observados en los tratamientos con 30 y 45% de pollinaza son ligeramente superiores a los valores recomendados (4.0 - 4.8 l/kg MS) por el NRC (1984) para animales de 364 kg de P.V. consumiendo una dieta con 1.64 Mcal ENm/kg en un ambiente térmico entre 14 a 21 C. En grandes corrales de

engorda, este incremento en el consumo de agua por la inclusión de pollinaza en la ración, es un factor que podría ser considerado.

La digestibilidad aparente de las raciones se muestra en el Cuadro 5.2. La digestibilidad de la materia seca (DMS) tendió ($P < 0.10$) a comportarse en forma cuadrática con la inclusión de la pollinaza. La DMS de la dieta con pasta de soya tendió a ser mayor que la DMS de las raciones con pollinaza.

La DMO de las raciones se comportó en forma cuadrática ($P < 0.05$) con la inclusión de la pollinaza en el concentrado. La DMO en los animales que consumieron las raciones con pollinaza tendió a ser menor que la DMO en los animales con el concentrado con pasta de soya.

Respecto a la digestibilidad de la proteína cruda (DPC), esta se incrementó conforme aumentó el nivel de proteína cruda en el concentrado, lo cual se observó como una tendencia cuadrática ($P < 0.01$). Brosh et al. (1993) reportaron que la DPC se incrementó del 34% al 56% cuando la pollinaza se incluyó del 15 al 30% en una ración basada en paja de trigo. Esto concuerda con lo mencionado por Merchen (1988), en el sentido de que la digestibilidad aparente de la proteína cruda está en función directa con el consumo de proteína cruda. Esto se puede explicar porque con cada incremento en el nivel de proteína, el nitrógeno fecal metabólico representa una fracción menor del total del nitrógeno fecal excretado (Church, 1979). En el presente estudio, la cantidad de nitrógeno fecal fue similar entre los tratamientos (0.33, 0.36, 0.38 y 0.34 kg d^{-1} para 0, 15, 30 y 45 % de pollinaza, respectivamente; EEM=0.02). Aunque podría esperarse que al aumentar la pollinaza en la ración, los animales ingerieran una mayor cantidad de plumas, constituidas principalmente por queratina, que es una proteína resistente a la digestión peptídica, lo cual incrementaría la cantidad de nitrógeno fecal (Van Soest, 1982). Esto sugiere que la pollinaza utilizada en este experimento tenía bajas cantidades de plumas.

CUADRO 5.2

COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DE DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE POLLINAZA (EXPERIMENTO 1)

VARIABLE ¹	NIVEL DE POLLINAZA				EEM	P < X ²		
	0	15	30	45		L	C1	C2
MS, (%)	62.3	57.8	57.3	59.2	1.9	ns	.10	ns
MO, (%)	67.8	63.3	63.8	66.2	1.6	ns	.05	ns
PC, (%)	66.2a	50.0b	53.0ab	63.9a	2.8	ns	.01	ns
FDN, (%)	46.1	46.0	53.4	56.5	3.1	.05	ns	ns
FDA, (%)	40.8	42.7	43.6	42.8	3.7	ns	ns	ns

1) MS= materia seca, MO= materia orgánica, PC = proteína cruda, FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente ácido.

2) Contraste ortogonal: L=Lineal, C1=Cuadrático y C2=Cúbico.

a,b cifras dentro del mismo renglón con distinta literal son diferentes estadísticamente (P<0.01).

La digestibilidad verdadera (DV) de una fracción dada en un alimento, fue desarrollada para evaluar si esta permanece constante a través de diferentes forrajes o raciones (Lucas et al., 1961). De acuerdo a Preston (1980), el uso de la DV junto con correcciones en el nitrógeno metabólico fecal mejora el significado de la proteína digestible en sistemas para descripción de los requerimientos de proteína para el ganado. La fracción digestible puede ser analizada con una regresión sobre el porcentaje de la fracción dada en el alimento. La intercepción de la línea de regresión es un estimador de la excreción endógena de la fracción, mientras que la pendiente de la recta es el estimador de la DV de la fracción. El valor de la correlación y de la desviación estandar estiman la uniformidad nutricional (Van Soest, 1967). La DV de la proteína cruda en rumiantes se calcula en general del 90% (Merchen, 1988). En este experimento, la DV de la proteína cruda de la pollinaza se calculó en 91.2 % y la excreción de nitrógeno metabólico fue de 4 g N /100 g de materia seca consumida, que es superior a la reportada por Smith y Calvert (1976) para la DV de la proteína cruda de excretas de pollos criados en jaula (81%), la cual fue calculada en forma similar al del presente trabajo.

La digestibilidad de la fibra detergente neutro (DFDN) se incrementó linealmente ($P < 0.05$) con la inclusión de la pollinaza en la ración ($P < 0.05$). La inclusión de pollinaza o de AU en raciones para bovinos han mejorado la digestibilidad de la fibra cruda y de la FDN (Oltjen et al, 1968; Brosh et al., 1993). Este aumento en la digestibilidad de las fracciones fibrosas, aparentemente, no solo se debe a un mayor suministro de nitrógeno para el crecimiento bacteriano, sino a una mayor población de bacterias celulolíticas, como lo observaron Slyter et al., (1968) al suplementar AU en raciones con el 30% de forraje para novillos. Se podría considerar que al substituir el grano de maíz por pollinaza, se eliminó una FDN más digestible pero que es más

susceptible a sufrir disminuciones en su digestibilidad al aumentar el consumo de alimento o la tasa de paso de sólidos (Van Soest, 1982; Fahey y Berger, 1988) por otra FDN (de la pollinaza), que dependiendo de la cama utilizada, la digestibilidad es menos afectada ante tales cambios cuando se incrementa el consumo de alimento o el recambio ruminal de sólidos. No obstante, el rastrojo de sorgo aportó la mayor cantidad de FDN (> 60%) en las raciones, el incremento en la DFDN de las raciones podría ser realmente debido a una mayor digestión de la FDN en el rumen, pero esto debe ser probado. Sin embargo, al considerar el consumo total de FDN como una covariable, la DFDN de las raciones fueron similares estadísticamente.

La digestibilidad de fibra detergente ácido (DFDA) no se afectó por la inclusión de pollinaza. De forma similar, la digestibilidad de la celulosa o hemicelulosa de una ración con base a pulpa de madera y mazorca de maíz no se mejoró por la inclusión de pollinaza (Smith y Calvert, 1976). Es probable que aún cuando exista una mayor población bacteriana de tipo celulolítica, la porción lignificada de la pared celular del forraje no es afectada (Van Soest, 1982).

La ganancia de peso de los animales entre los tratamientos no difirió estadísticamente, sin embargo tendió a ser mayor para los animales que consumieron la dieta con pasta de soya (1.09 vs 0.59 k g d^{-1}) que los animales que recibieron los tratamientos con pollinaza (Cuadro 5.3). Al considerar que la cantidad de proteína digestible se incrementaba proporcionalmente con la inclusión de pollinaza y que la ganancia de peso (asumiendo que la composición de la ganancia fue similar entre los tratamientos con pollinaza), sugiere que una mayor cantidad del nitrógeno absorbido fue excretado por otra vía (orina) con cada incremento de pollinaza en la ración.

Con respecto a la dinámica ruminal, los animales que consumieron el

CUADRO 5.3

GANANCIA DIARIA DE PESO DE NOVILLOS ALIMENTADOS CON DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE POLLINAZA (EXPERIMENTO 1 y 2)

VARIABLE 1	NIVEL DE POLLINAZA				P < X ²			
	0	15	30	45	EEM	L	C1	C2
Experimento 1								
n	7	6	6	7				
G.D.P. (kg)	1.09	0.62	0.70	0.59	0.26	ns	ns	ns
Experimento 2								
n	4	4	4	4				
G.D.P. (kg)	0.76a	-0.02b	0.23b	0.21b	0.15			

1) G.D.P.= Ganancia diaria de peso.

2) Contraste ortogonal: L=Lineal, C1= Cuadrático, C2= Cúbico.

a,b cifras dentro del mismo reglón con distinta literal son diferentes estadísticamente (P<0.06).

concentrado con 45% de pollinaza, presentaron una mayor ($P < 0.05$) tasa de pasaje ruminal de sólidos que los animales del resto de los tratamientos (Cuadro 5.4). Esto implica que, probablemente, los animales incrementaron su consumo de alimento de acuerdo se incluya la pollinaza en la ración. No se encontraron datos sobre la dinámica ruminal en animales alimentados con rastrojo de sorgo. No obstante, cuando se incluyó pollinaza del 15 al 30% de la ración con base en paja de trigo, la tasa de pasaje de sólidos se incrementó (Brosh et al., 1993). En el presente estudio, los valores observados para la tasa de pasaje de sólidos son superiores a los indicados para dietas con base en diferentes ingredientes: paja de trigo y pollinaza (Brosh et al., 1993), paja de trigo, heno de alfalfa, heno de pasto orchard, ensilaje de alfalfa, ensilaje de maíz, maíz quebrado + heno de pasto orchard, paja de cebada y heno de alfalfa (Mir et al., 1991) y en paja de trigo amoniatizada (Zorrilla-Rios et al, 1985).

El coeficiente de variación observado (60%) en la estimación del volumen (masa) ruminal de sólidos no permitió detectar el efecto de la inclusión de la pollinaza en la ración (Cuadro 5.4). Esto sugiere que alguna de las suposiciones que se asumen cuando se utilizan marcadores no se cumplieron completamente, como son: mezclado instantáneo, marcador no absorbible, que las partículas marcadas viajan realmente con la fracción que se quiere estudiar, que el marcador permanece unido a las partículas en su paso a través del tracto gastrointestinal y que el marcador no altere la tasa de paso de las partículas (Faichney, 1974), lo que se tradujo en una pobre estimación del volumen ruminal.

Se considera que el tiempo medio de retención en rumen (TMR), que es la inversa de la tasa de pasaje de sólidos, es uno de los principales factores, además de la actividad celulolítica de las bacterias ruminales, que determinan la extensión de la digestión ruminal en dietas basadas en forraje (Fahey y Berger,

CUADRO 5.4

CINETICA RUMINAL DE NOVILLOS CONSUMIENDO DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE POLLINAZA (EXPERIMENTO 1)

VARIABLE 1	NIVEL DE POLLINAZA				EEM	P < X ²		
	0	15	30	45		L	C1	C2
K1, (% h ⁻¹)	3.41b	3.65b	3.63b	4.58a	0.20	.01	ns	ns
K2, (% h ⁻¹)	7.31	6.64	7.46	6.47	0.94	ns	ns	ns
TT, (h)	11.72	11.66	13.06	12.02	0.88	ns	ns	ns
VOL, (kg)	2.94	2.41	3.49	1.76	0.74	ns	ns	ns
TMR, (h)	32.19a	30.44ab	28.65ab	22.94b	2.13	.01	ns	ns
TMC, (h)	14.40	15.28	17.70	15.62	1.69	ns	ns	ns
TMT, (h)	58.32	57.38	59.41	50.58	2.80	ns	ns	ns
LIQ, (% h ⁻¹)	6.79	6.46	7.31	6.39	0.41	ns	ns	.07

1) k1= Tasa de paso de partículas en el retículo-rumen; k2= Tasa de paso de partículas en el ciego y colón; VOL= volumen de sólidos (dosis / concentración inicial del marcador); TT= tiempo de aparición del marcador (Yb) en heces; TMR= tiempo medio retención en rumen; TMC= Tiempo medio retención en ciego-colón; TMT= Tiempo medio en tracto total (1/k1 + 1/k2 + TT); LIQ= Tasa de dilución de líquidos en el retículo-rumen.

2) Contraste ortogonales: L= Lineal, C1= Cuadrático y C2= Cúbico.

a,b Cifras dentro del mismo renglón con distinta literal son diferentes estadísticamente (P<0.05).

1988). No obstante, en el presente estudio, el TMR se disminuyó linealmente ($P < 0.05$) con la inclusión de pollinaza (Cuadro 5.4) sin afectar la digestibilidad de las fracciones fibrosas. Esto, solo es posible si el tiempo de residencia ruminal fue el suficiente para digerir la porción potencialmente digestible del forraje; lo cual puede significar que la tasa de digestión se haya incrementado por una mayor actividad celulolítica con la inclusión de la pollinaza (Slyter et al., 1968), sin embargo, se desconoce la tasa de digestión de la fibra del forraje en este tipo de dietas.

La tasa de paso (K_2) por el ciego colón no se afectó por la inclusión de la pollinaza en la ración, pero el coeficiente de variación fue considerable en este parámetro (34%). Warner (1981) señala que el tiempo de retención en ciego-colón (TMC) de bovinos es de 10 h, que es inferior al TMC observado en el presente estudio. El incremento en el nivel de consumo de alimento, en especial de dietas baja en forraje, y los forrajes peletizados, son factores que aumentan el TMC (Fahey y Berger, 1988). El TMC en relación al tiempo medio de retención en el tracto total (TMT), correspondió al 28%, lo cual contrasta con el 14% del TMT en animales que consumen a libertad (Fahey y Berger, 1988); lo anterior confirma que hubo una pobre estimación del TMC. En contraste, Brosh et al. (1993) reportaron que el TMT disminuyó cuando se incluyó pollinaza del 15 al 30 y 45% a una ración con base en paja de trigo.

La tasa de dilución de los líquidos no fue alterada por la inclusión de la pollinaza (Cuadro 5.4). Owens y Goetsch (1988), estiman que en animales que consumen dietas con 50% de forraje, a un nivel de consumo del 2% P.V., las tasas fraccionales son del 3.5% y de 7.2% h^{-1} para sólidos y líquidos, respectivamente. La tasa de dilución de líquidos tendió a comportarse de forma cúbica ($P < 0.07$) con la inclusión de pollinaza en el concentrado. Solo en la dieta con 30% de pollinaza, el incremento en el consumo de agua se reflejó en una

mayor tasa de dilución de líquidos. Es posible que en la ración con 45% de pollinaza, el volumen y el flujo ruminal de líquidos se hayan incrementado al incluir pollinaza, por lo cual no se haya observado ningún cambio en la tasa fraccional de paso de los líquidos, puesto que el movimiento del agua dentro del rumen está determinado, principalmente, por la concentración osmótica del líquido ruminal, que a su vez determina la absorción de nutrimentos (Van Soest, 1982). Los principales compuestos que contribuyen a la presión osmótica son los AGV, las sales minerales y los iones amonio (Warner y Stacy, 1965). La producción de AGV, se incrementó cuando se infundió intraruminalmente urea, en novillos consumiendo dietas con 30:70 de forraje:concentrado (Slyter et al, 1968), o con la inclusión de pollinaza en la ración (Smith y Calvert, 1976). Es decir, que es posible que la pollinaza incremente la osmolaridad del líquido ruminal a través de los principales compuestos relacionados a esta (sales minerales, AGV y amonio).

Se concluye que la pollinaza incrementa el consumo de agua de los animales. Aparentemente, el aumento en el consumo de agua puede ser estimulado a través de varias vías: presión osmótica (ruminal o sanguínea) o por un aumento en la diuresis por niveles elevados de urea sanguínea. La pollinaza incrementó la digestión de la fibra detergente neutro, no así las fracciones lignificadas (FDA). La tasa de pasaje de la fase sólida se incrementó, lo cual puede estar relacionado a un mayor consumo de alimento. La digestibilidad verdadera de la proteína de la pollinaza fue 91%. No obstante que en las raciones con pollinaza, la digestibilidad aparente de la proteína cruda se incrementó con cada aumento de la pollinaza en el concentrado, esto se puede relacionar a una mayor absorción de amonio a nivel ruminal, el cual, posiblemente, se excretó como urea a través de orina.

EXPERIMENTO 2

En el Cuadro 5.5, se muestran los consumos de materia seca (CMS), materia orgánica (CMO) y proteína cruda (CPC) de novillos Brahman. En forma similar a lo observado en el experimento 1, el CMS y CMO no difirieron entre tratamientos y, el CPC se incrementó conforme al porcentaje de proteína cruda del concentrado.

Las concentraciones ruminales de nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$) se relacionaron en forma proporcional ($P < 0.05$) con el nivel de proteína de los concentrados experimentales (Figura 5.1). Las concentraciones medias de $N-NH_3$ fueron 17.6b, 9.8c, 19.9a y 25.3a mg $N-NH_3/100$ ml de líquido ruminal para los concentrados con pasta de soya, 15%, 30% y 45% de pollinaza, respectivamente. Scott y Hibberd (1990) reportaron que las concentraciones de $N-NH_3$ ruminales se incrementaron de acuerdo a la cantidad ofrecida de una mezcla de pasta de soya y cascarilla de soya (proteína degradable), en vacas de carne alimentadas con heno de pasto nativo; sin embargo, las máximas concentraciones de $N-NH_3$ no sobrepasaron los 6 mg/100 ml. Asimismo, el tiempo de muestreo afectó ($P < 0.01$) la concentración de $N-NH_3$ en el líquido ruminal (9.4c, 27.7a, 29.5, 17.2b y 8.0a mg/100 ml, para 0, 1, 2, 4 y 6 h posprandiales). La máxima concentración de $N-NH_3$ en el líquido ruminal se observó entre 1 y 2 h posprandiales.

La interacción entre el tiempo de muestreo y tratamiento fue significativa ($P < 0.01$). No obstante que se ha sugerido que la máxima concentración de NH_3 en el líquido ruminal en dietas donde la fuente de proteína es de origen vegetal, se encuentra entre las 3 y 5 h posprandiales (Owens y Zinn, 1988), en el presente estudio, en la dieta con pasta de soya, la mayor concentración ruminal de amonio se encontró durante la primera hora posprandial. El concentrado con

CUADRO 5.5

CONSUMO DE ALIMENTO DE NOVILLOS ALIMENTADOS CON DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE POLLINAZA (EXPERIMENTO 2)

VARIABLE ¹	NIVEL DE POLLINAZA				EEM
	0	15	30	45	
n	4	4	4	4	
Peso vivo, kg	255.70	256.20	249.60	250.90	4.45
MS, (kg d ⁻¹)	5.39	5.46	5.35	5.29	0.14
MO, (kg d ⁻¹)	4.95	4.97	4.83	4.68	0.13
PC, (kg d ⁻¹)	0.71a	0.51c	0.59b	0.71a	0.01

1) MS= Materia seca; MO= materia orgánica; PC= proteína cruda.

2) Contraste ortogonal: L=Lineal, C1= Cuadrático, C2=Cúbico.

a,b,c cifras dentro del mismo región con distinta literal son diferentes estadísticamente (P<0.01).

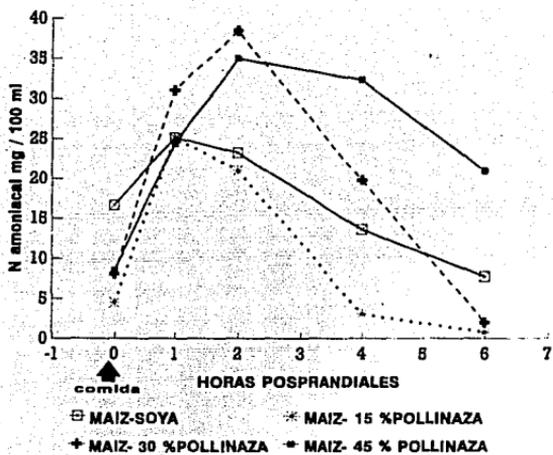


Figura 5.1 N-amoniaco en rumen de novillos consumiendo dietas maíz-pollinaza

pasta de soya, a diferencia del concentrado con 45% de pollinaza, apreciación visual, fue consumido rápidamente, lo cual puede explicar que el pico se presentó dentro de la primera hora posprandial. Además, en dietas altas en forraje existe una mayor actividad celulolítica que expone más rápidamente la proteína vegetal a la degradación bacteriana (Weakley, 1983). En contraste, en los tratamientos con 30% y 45% de pollinaza, la máxima concentración ruminal de $N-NH_3$ se presentó aproximadamente a las 2 h posprandiales. Se esperaba que la máxima concentración de $N-NH_3$ se observara en los animales que consumieron el concentrado con el mayor porcentaje de pollinaza, sin embargo la máxima concentración de amonio se observó en los animales que consumieron el concentrado con 30% de pollinaza. Esto probablemente se deba a que el concentrado con 45% de pollinaza fue ingerido más lentamente que el resto de los concentrados (apreciación visual). Con esto, la fermentación ruminal se prolongaría por más tiempo por una entrada de alimento más uniforme, lo cual podría prolongar la disponibilidad de nitrógeno para el crecimiento bacteriano y favorecer aún más la digestión de la fibra de las raciones.

La máxima concentración de $N-NH_3$ (38 mg/100 ml) en el líquido ruminal que se encontró en el presente estudio, contrasta con los observados en animales que son suplementados con urea (53 mg $N-NH_3$ /100 ml a los 30 min), y son similares a los encontrados cuando la urea fue protegida con aceite de linaza (Owens et al., 1980). En forma similar, Oltjen et al. (1968), reportan que la mayor concentración de $N-NH_3$ (30 mg $N-NH_3$ /100 ml) ocurrió a las 2 h posprandiales en novillos alimentados al 1.3 % P.V. y con el 6.1% de ácido úrico.

La utilización de fuentes de carbohidratos fácilmente disponibles (almidón de maíz y glucosa) en el trabajo de Oltjen et al. (1968), hacen patente el efecto

que tiene la disponibilidad de la energía sobre la utilización de grandes cantidades de AU en la ración. Aunque no se midió la cantidad de almidón presente en la pollinaza, se puede asumir que según se aumentó el nivel de pollinaza en el concentrado, disminuyó la cantidad de almidón en la ración, por lo tanto, la energía disponible para la captación de NH_3 , y por otro lado se aumentó la cantidad de ácido úrico que fue degradado hacia NH_3 , lo cual se observó como una mayor concentración de N-NH_3 en el líquido ruminal (Figura 5.1).

En el presente trabajo, el pH del líquido ruminal (6-7), favoreció la presencia de formas ionizadas (NH_4^+), que son menos absorbidas por el epitelio ruminal (Owens y Zinn, 1988), modificando la tasa de desaparición del amonio. También, la absorción del NH_3 a través de la pared ruminal, está correlacionada positivamente con su concentración en el líquido ruminal (Owens y Bergen, 1983). En un medio con pH de 6.0 a 7.0, el NH_3 representa del 0.08 al 0.8 % del total N-NH_3 , respectivamente, calculado por medio de la ecuación Henderson-Hasselbalch.

Niveles mayores a 5 mg de $\text{N-NH}_3/100$ ml de líquido ruminal, son considerados como un desperdicio por la gran mayoría de los investigadores, sin embargo, la persistencia del amonio en el líquido ruminal no necesariamente indica que sea un desperdicio, puesto que este excedente de amonio puede actuar como una reserva para el subsecuente crecimiento bacteriano (Smith, 1979). Es interesante que en el nivel alto de pollinaza (45%), la concentración de N-NH_3 fue de 21 mg/100 ml aún a las 6 h posprandiales. Esto podría favorecer la digestión de los carbohidratos estructurales, ya que su degradación se inicia de 4 a 6 horas posprandiales (Van Soest, 1982). Mehrez et al. (1977) indicaron que la tasa máxima de fermentación ruminal se encontró cuando el nivel de N-NH_3 fue de 23.5 mg/100 ml. Smith (1979), señala que la tasa máxima

de fermentación ruminal no corresponde al máximo crecimiento microbiano. Weakley (1983) reportó que la síntesis de proteína microbiana fue máxima al nivel de 3 mg N-NH₃/100 ml de líquido ruminal; pero sugiere que se requieren de mayores concentraciones para maximizar la digestión de materia orgánica en rumen (10 mg N-NH₃/100 ml). Por lo cual, se requiere estudiar la eficiencia en la síntesis de proteína microbiana en dietas basadas en pollinaza.

En este estudio, las concentraciones de N-NH₃ en el tratamiento con 15% de pollinaza durante las 4 y 6 h posprandiales y a las 6h posprandiales con 30% de pollinaza, fueron inferiores a las concentraciones indicadas como óptimas para el máximo crecimiento microbiano (Satter y Slyter, 1974). En estas raciones, la deficiencia de nitrógeno pudo provocar que se presentara el fenómeno denominado desacoplamiento energético (Hespell y Bryant, 1979), disminuyendo la eficiencia en la síntesis de proteína microbiana.

Por otro lado, el pH es uno de los factores que más influye sobre la población microbiana ruminal (Yokoyama y Johnson, 1988). El pH ruminal entre 0.5 y 4 h posprandiales refleja el balance entre la producción de ácidos, entrada de amortiguadores con la saliva y la liberación o presencia de bases (como amonio) a partir del alimento (Owens y Goetsch, 1988). En la Figura 5.2, se muestran los cambios en el pH del líquido ruminal durante el posprandio. El pH promedio ruminal se relacionó ($P < 0.05$) con el nivel de pollinaza en la ración (6.52c, 6.55c, 6.78b y 6.95a para los tratamientos con soya, 15%, 30% y 45% de pollinaza, respectivamente). El pH fue disminuyendo ($P < 0.05$) a través de los tiempos de muestreo (7.01a, 6.85b, 6.72c, 6.50d y 6.40d, para 0, 1, 2, 4 y 6 h posprandiales). El pH no difirió estadísticamente entre las 4 y 6 h posprandiales, probablemente porque la producción de ácidos, en este momento comenzó a declinar o bien porque los animales iniciaron la rumia. Oltjen et al (1968) observaron una disminución en el pH de 0.5 unidades a los 30 min

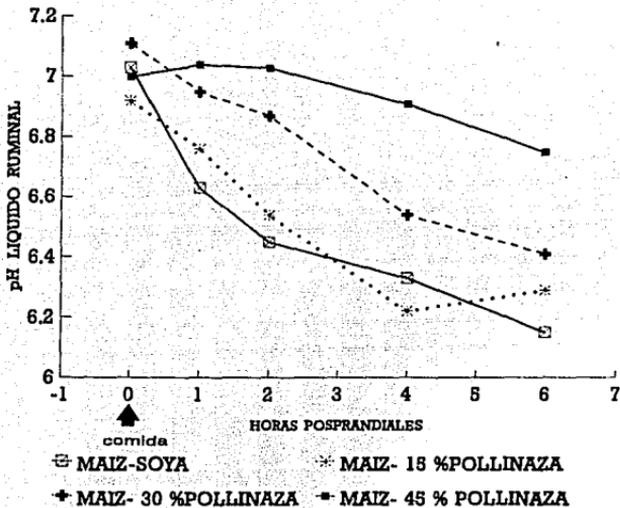


Figura 5.2 pH ruminal de novillos consumiendo dietas maiz-pollinaza

posprandiales, en novillos (320 kg P.V.) consumiendo 250 g de AU y alimentados al 1.3 % P.V. con dietas semipurificadas (almidón de maíz y glucosa, como fuentes de energía), sin embargo se observó un incremento en el pH a las 2 h posprandiales, que coincidió con el pico de N-NH_3 , lo cual puede indicar la producción de amonio con este nivel de consumo de AU. En el presente experimento, el pH ruminal, en los novillos que consumieron el concentrado con 45% de pollinaza, permaneció por encima de 6.8 durante todos los tiempos de muestreo, probablemente porque en presencia de altas concentraciones de amonio, se formó bicarbonato de amonio, neutralizando la producción de AGV (Smith, 1979), lo que provoca una correlación significativa entre el pH y la concentración de amonio ($r=0.39$; $P<0.01$). Resultados similares se encontraron en novillos (504 kg P.V.) que ingerían alfalfa en diferentes niveles de consumo, 1.4, 1.65, 1.9, 2.15 y 2.40% del P.V. (Adams y Kartchner, 1984).

Las concentraciones de urea sanguínea (US) en los periodos de muestreo se presentan en la Figura 5.3. Dentro de los tratamientos con pollinaza, las concentraciones de US a las 0 h posprandiales, variaron de acuerdo al nivel de la pollinaza en el concentrado. La concentración de urea sanguínea se ha relacionado con el estado proteico del animal (Owens y Bergen, 1983). Asimismo, el aumento en el consumo de nitrógeno se relaciona positivamente con mayores concentraciones de urea sanguínea (US). La concentración de US posprandial tendió a aumentar con el nivel de pollinaza en los concentrados, en contraste con los animales que recibieron el concentrado con pasta de soya, donde la concentración de US no cambió ($P>0.10$). Los animales que consumieron las raciones con 45% de pollinaza y el tratamiento con soya, presentaron niveles similares de US preprandiales, pero la respuesta posprandial fue muy diferente. El incremento posprandial de US, probablemente

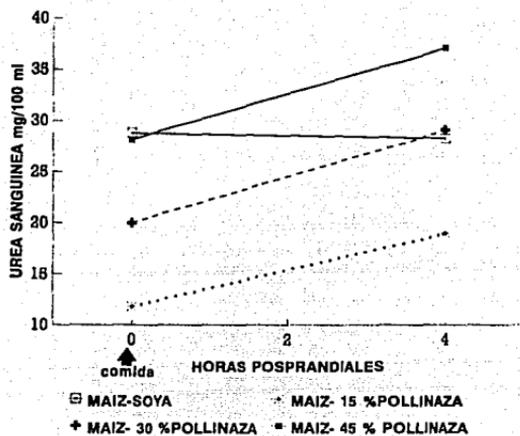


Figura 5.3 Urea sanguínea de novillos consumiendo dietas maíz -pollinaza

este relacionado a la cantidad de amonio que está siendo convertido a urea en hígado. En novillos que recibían infusiones intraruminales de urea, consumiendo una dieta 30:70 forraje:concentrado, la US se incrementó linealmente por cada incremento en la cantidad de urea infundida (Slyter et al., 1979). En vacas lecheras alimentadas con heno de alfalfa, mezcla de granos y ensilaje de maíz, las concentraciones de US se elevaron entre 1.5 a 2 h posteriores al pico de amonio en rumen (Gustafsson y Palmquist, 1993). En el presente trabajo, la concentración de US a las 4 h posprandiales, se correlacionó en forma significativa ($r=0.53$ y $r=0.74$; $P<0.05$) con los niveles de $N-NH_3$ ruminal de los tiempos 1 y 4 h posprandiales. No obstante que la US se correlacionó mejor con la concentración ruminal de $N-NH_3$ a las 4 h, no se encuentra una explicación clara para esta observación. Se ha observado que la máxima concentración ruminal de $N-NH_3$ se presenta aproximadamente una hora antes de que se presente la máxima concentración de urea en sangre en animales suplementados con urea (Schmidt et al., 1973) o entre 1.5 a 2 h en animales suplementados con pasta de soya (Gustafsson y Palmquist, 1993).

Los mayores niveles de US (Figura 5.3) y la menor ganancia de peso (Cuadro 5.3), en los animales que consumieron los concentrados con pollinaza, indican que, probablemente, hubo una importante síntesis de urea, que fue energéticamente costosa (4 moles de ATP/1 mol Urea), que afectó la ganancia de peso de los animales. No obstante, que los animales que recibieron la dieta con pasta de soya, presentan un nivel de US similar a los animales que recibieron la dieta con el alto nivel de pollinaza a la 0 h posprandial, no significa necesariamente, que existió una importante síntesis de urea (Harmeyer y Martens, 1980) similar a los animales que recibieron los concentrados con pollinaza. Sin embargo, Preston (1980) señala que se sugiere que niveles mayores a 10 mg de urea sanguínea /100 ml en ganado bovino, probablemente

indiquen un desperdicio de proteína. Los incrementos posprandiales en los niveles de urea sanguínea han diferido entre estudios. Olljen et al. (1968) encontraron que los niveles de US fueron similares entre 0 h y 4 h posprandiales (26.7 vs 27.4 mg urea/100 ml) en animales que consumieron hasta 250g de AU; en contraste, Alves et al. (1994) observaron que en ovinos consumiendo únicamente pollinaza, los niveles de US fueron de 33.3 vs 56.7 mg urea/100 ml para 0 y 4 h posprandiales, respectivamente. No obstante, que la US se relaciona positivamente con el consumo de nitrógeno, el manejo fisiológico de la urea por el riñón y tracto gastrointestinal bajo diferentes condiciones dietarias no es constante (Harmeyer y Martens, 1980).

Los tratamientos experimentales no modificaron los porcentajes molares de los ácidos grasos volátiles en el líquido ruminal (Cuadro 5.6). Se considera que a pH 7, las proporciones molares relativas en el líquido ruminal representan las tasas relativas de producción (Owens y Goetsch, 1988). Las dietas experimentales favorecieron una fermentación acética, típica de las raciones basadas en forrajes (Owens y Goetsch, 1988; Orskov y Ryle, 1990). Se esperaba que el porcentaje molar del C3 disminuyera al substituir el grano de maíz por pollinaza, sin embargo, el coeficiente de variación en esta variable fue alto. Aunque, Smith y Calvert (1976) observaron que al incluir 0, 7 y 14% de pollinaza en una ración para ovinos, la producción de AGV se aumentó, y con el nivel medio de pollinaza el ácido propiónico se incrementó.

Se concluye que los niveles ruminales de $N-NH_3$ se incrementan según se aumenta el nivel de pollinaza en la ración. Los niveles de $N-NH_3$ en el líquido ruminal con la dieta con 45% de pollinaza, permanecieron por encima de los rangos recomendados como óptimos para un eficiente crecimiento bacteriano. Sin embargo, la energía disponible para la captación de NH_3 puede disminuir con la inclusión de la pollinaza en la ración. El pH ruminal se encontró

CUADRO 5.6

**COMPOSICION PORCENTUAL MOLAR DE AGV EN RUMEN DE
NOVILLOS ALIMENTADOS CON DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE
POLLINAZA
(EXPERIMENTO 2)**

VARIABLE	NIVEL DE POLLINAZA				EEM
	0	15	30	45	
ACETICO, (%)	63.85	62.20	64.12	68.53	2.20
PROPIONICO, (%)	22.60	21.12	21.65	16.80	2.57
BUTIRICO, (%)	13.55	16.70	14.23	16.65	1.21

en el rango como óptimo para la actividad celulolítica. En los animales que consumieron pollinaza, la urea sanguínea se elevó a las 4 h posprandiales, esto puede estar relacionado con un mayor desperdicio del nitrógeno de la pollinaza a través de la orina.

CAPITULO VI

DISCUSION GENERAL

En general, los animales aceptaron bien los concentrados experimentales en ambos estudios. Se apreció, visualmente, que la dieta con soya fue consumida mas rápidamente en comparación con las dietas que contenían pollinaza.

La inclusión de pollinaza incrementó linealmente el consumo de agua. Este incremento en el consumo de agua puede estar relacionado al contenido de ácido úrico (AU) presente en la pollinaza (Oltjen y Dinius, 1976). No obstante, que no se encontró información sobre como el AU, *per se*, incrementa el consumo de agua, su efecto podría estar mediado a través del amonio que resulta de su degradación en rumen. Warner y Stacy (1965) mencionan que el amonio es uno de los compuestos que contribuyen a la presión osmótica del líquido ruminal, aunque es más importante el efecto de los AGV y los minerales. Por otro lado, las concentraciones de amonio y el pH ruminales se incrementaron con el nivel de pollinaza en la ración, sugiriendo que una mayor cantidad del amonio presente provenía del AU. El incremento en la absorción de amonio, podría manifestarse en una mayor concentración de urea sanguínea, ya que se han relacionado directamente la concentración de amonio en rumen y el nivel de urea en sangre (Van Soest, 1982; Gustafsson y Palmquist, 1993), lo que sugiere que el amonio ruminal que fue absorbido se convirtió a urea en el organismo.

La urea sanguínea se considera como una poza o compartimiento en sangre; los niveles de urea sanguínea se relacionan directamente con el consumo de nitrógeno (Harmeyer y Martens, 1980). Sin embargo, los niveles de urea sanguínea no se relacionan directamente con la tasa de entrada o ureagénesis. Se considera que niveles de urea sanguínea mayores a 30 mg

Urea/100ml, se relaciona directamente con la excreción de urea por orina (Van Soest, 1982). Una mayor excreción urinaria de urea puede aumentar el volumen de la orina. Es probable que este aumento en el volumen de orina induzca un mayor consumo de agua (Wohlt et al., 1976), como el que se observó en el experimento 1.

El aumento en el consumo de agua observado en las dietas con pollinaza es posible que también este relacionado con el contenido de minerales (en especial K, Na y Cl), lo cual está de acuerdo con el incremento en el consumo observado cuando se suplementan sales minerales en rumiantes (Rogers et al., 1982).

La digestibilidad de la proteína cruda se incrementó conforme se aumentó el consumo de proteína en la ración. Si bien, el grado de solubilidad de la proteína verdadera no es consistente con su tasa de degradación ruminal, el nitrógeno no proteico (ej ácido úrico) es convertido, completamente, en amonio en el rumen, por lo que las concentraciones de nitrógeno amoniacal en el líquido ruminal se relacionaron directamente con el nivel de pollinaza en el concentrado.

Como se mencionó anteriormente, los incrementos observados en los niveles de urea sanguínea, aparentemente son reflejo de una mayor absorción de amonio a medida que se aumentaron los niveles de pollinaza en la dieta, y pueden estar relacionados a una mayor excreción de urea por orina. Probablemente, esto explique porque la excreción de nitrógeno urinario aumenta conforme el nivel de pollinaza se incrementa en la ración (Smith y Calvert, 1976; Brosh et al., 1993). La formación de urea a partir del amonio ruminal y su posterior excreción a través de la orina, constituyen un desperdicio de nitrógeno de la ración, además del costo energético que significa la síntesis de urea y el efecto sobre el metabolismo de los amino ácidos (Reynolds, 1992). Se podría

suponer que en los animales que recibieron el concentrado con soya, hubo una mayor cantidad de amino ácidos absorbidos a nivel intestinal, lo que incrementó la disponibilidad de amino ácidos para la deposición tisular, por lo que, los animales ganaron más peso en comparación con los animales en los tratamientos con pollinaza (Experimento 2).

Se ha observado que el nivel de consumo de proteína se relaciona directamente al nivel de urea sanguínea (Harmeyer y Martens, 1980), por lo cual, la concentración de urea sanguínea (0 h posprandial) en el tratamiento con pasta de soya fue similar al observado en el tratamiento con 45% de pollinaza, que consumieron la misma cantidad de proteína (Cuadro 5.5). Sin embargo, según se substituía el grano de maíz por pollinaza en el concentrado, la energía de la ración disminuyó, lo cual afectó el metabolismo del nitrógeno a nivel ruminal y tisular.

Es importante señalar, que la inclusión de pollinaza en la ración incrementó la tasa de pasaje de sólidos (experimento 1), lo cual pudiera estar relacionado a un mayor consumo de alimento.

A nivel ruminal, la capacidad para disminuir el tamaño de las partículas de los forrajes, se basa en la actividad celulolítica, la rumia y en los movimientos ruminales (Grovm, 1986). Aparentemente, las condiciones ruminales (pH, niveles de amonio) fueron adecuadas para la máxima actividad celulolítica. Van Soest (1982) señala que la digestión de los carbohidratos estructurales en los forrajes de baja calidad se inicia entre las 4 y 6 posprandiales. En la Figura 5.1, se observa que las concentraciones ruminales de amonio en el tratamiento con 45% de pollinaza eran de 21 mg N-NH₃/100 ml a las 6 h posprandiales. Probablemente esta concentración fue adecuada para permitir el crecimiento bacteriano, lo que se pudo manifestar en una mayor actividad celulolítica y en una mayor digestión de la FDN. No obstante, que la pollinaza disminuyó

linealmente el tiempo medio de retención en el rumen, la digestibilidad de la FDN se incrementó con la inclusión de la pollinaza, esto solo puede explicarse si la tasa de digestión se incremento y, por otro lado, que el tiempo de estancia en rumen haya sido el suficiente para digerir la FDN potencialmente digestible de la ración. Sin embargo, esta hipótesis deberá ser probada con este tipo de dietas.

Sin embargo, la baja DFDN y de DFDA en la dieta con soya son sorpresivas, porque las condiciones ruminales fueron adecuadas para la actividad celulolítica (pH y amonio), la suplementación de proteína preformada, y un mayor tiempo medio de retención en rumen y en el tracto total. Aunque, la digestibilidad de la fibra detergente neutro del grano de maíz y la de la pasta de soya, puede disminuir al aumentar el consumo de alimento o la tasa de pasaje, en el presente experimento, el consumo de alimento se mantuvo fijo y tasa de pasaje de sólidos se incrementó solo en el nivel alto de pollinaza. Es probable que la deficiencia de algunos minerales (Co, Mn, Fe, Zn y Se) ó el tipo de población bacteriana que proliferó pudieran explicar esta baja digestibilidad de la fibra.

Debido a la variación que se observó en las concentración de AGV, no se pudo detectar si esta mayor digestión de la fibra, se relacionó a una mayor producción de AGV o diferente el patrón de fermentación ruminal.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

1. La pollinaza incrementa el consumo de agua de los rumiantes. Este aumento puede estar asociado con un mayor consumo de minerales o por un mayor volumen de orina.

2. El incremento de la digestibilidad de la proteína cruda que se observó al incluir pollinaza en las raciones, una parte importante puede ser por una mayor cantidad de amonio absorbido a nivel ruminal.

3. La inclusión de pollinaza en la ración incrementa la tasa de pasaje de sólidos en la ración. Esto puede estar relacionado a un mayor consumo de alimento en animales que consumen a libertad dietas con pollinaza.

4. Las concentraciones ruminales de amonio, el pH ruminal y las concentraciones de urea sanguínea se relacionaron directamente con la inclusión de pollinaza en la ración.

5. Si la síntesis de urea se incrementa con la inclusión de la pollinaza en la ración, el comportamiento productivo de los animales puede ser limitado.

6. La pollinaza mejoró la digestibilidad aparente de la fibra detergente neutro de la ración.

7. Se requiere conocer la tasa de digestión de las fracciones fibrosas de la pata de sorgo con este tipo de dieta.

CAPITULO VIII

LITERATURA CITADA

- Adams D C, Karchner R J. Effect of level of forage intake on rumen ammonia, pH, liquid dilution rate in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 1984; 58: 708.
- Aguilar A J, Rosiles M R, López L R, Quintero M T. Algunos macro y micro minerales en pollinaza y gallinaza. *Vet. Mex.* 1987; 18 (1); 17.
- Allison M J. Nitrogen requirements of ruminal bacteria. In: Owens, F N. (ed) *Protein Requirements for cattle.* Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma 1980: 128-132.
- Alves A A, Azavedo A R. Fuentes alternativas de cama de pollos para alimentación de rumiantes. V. Efecto sobre concentraciones de urea en el suero sanguíneo de ovinos. En : Pérez T J M, González P E.(eds.) XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. 1994; 226.
- Baldwin R L, Denham S C. Quantitative and dynamic of nitrogen metabolism in the rumen: A modeling analysis. *J. Anim. Sci.* 1979; 49 (6): 1631.
- Beauchemin K A, Buchanan-Smith J G. Evaluation of markers, sampling sites and models for estimating rates of passage of silage or hay in dairy cows. *J. Anim. Feed Sci. Technol.* 1989; 27: 59.
- Bergen W G, Bates D B, Johnson D E, Waller J C, Black J R. Ruminal microbial protein synthesis and efficiency. In: Owens F N (ed) *Symposium: Protein requirements for cattle.* Okla Agr. Exp. Sta. 1980. MP-121: 99-112
- Bhattacharya A N, Taylor J C. Recycling animal waste as a feedstuff: A Review. *J. Anim. Sci.* 1975; 41: 1438.
- Blaxter K L. *Metabolismo Energético de los Rumiantes.* España: Ed Acribia. 1964: 314.
- Broderick G A, Kang J H. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *J. Dairy Sci.* 1980; 63: 64.
- Brosh A, Holzer Z, Levy D, Aharoni Y. The effect of maize grain supplementation of diets based on wheat straw and poultry litter on their utilization by beef cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1993; 40: 165.
- Carter R R, Grovum L W. A review of physiological significance of hypertonic body fluids on feed intake and ruminal function: salivation, motility and microbes. *J. Anim. Sci.* 1990: 2811.

- Chamberlain D G, Thomas P C, Wilson W, Newbold C J, MacDonald J C. The effects of carbohydrate supplements on ruminal concentrations of ammonia in animals given diets of grass silage. *J. Agric. Sci. Camb.* 1985; 104: 331.
- Chase C Jr, Hibberd C.A, Owens F N. Buffer and ammonia additions to corn-supplemented native grass hay diets for beef heifers. *J. Anim. Sci.* 1988; 66: 1790.
- Church D C. *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. 1st ed vol 1. USA: O.S.U. Books Stores, Inc. 1969: 316.
- Church D C. Factors affecting protein utilization by livestock. *Feedstuffs*. 1979; 1 (6): 33.
- Cochran R C, Adams D C, Galyean M L, Wallace J D. Estimating particle turnover in the rumen of meal-fed beef steers: Procedural evaluations. *J. Anim. Sci.* 1986; 63: 1469.
- Colucci P E. Comparative digestion and digesta kinetics in sheep and cattle. 1984. Thesis of Doctor Philosophy. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Cuarón J A, Espinosa J E, Shimada A S, Martínez L. Engorda de rumiantes en el antiplano con el uso de gallinaza y esquilmos agrícolas. *Vet. México*. 1978; 9 (4): 149.
- Czerkawski J M. *An Introduction to Rumen Studies*. 1st ed. Oxford, England. Pergamon Press, 1986: 236.
- Deswysen A G, Ellis W C. Fragmentation and ruminal escape of particles as related to variations in voluntary intake, chewing behavior and extent of digestion of potentially digestible NDF in heifers. *J. Anim. Sci.* 1990; 68 (11): 3871.
- Eleman C, Davis R E. Ruminal characteristics and bloat incidence in cattle as influenced by feeding synthetic saliva salts and sodium chloride. *J. Anim. Sci.* 1962; 21: 327.
- Ellis W C, Matis J H, Lascano C, Mahloogi M, Pond k. Size reduction, fermentation and passage of forage particles and forage intake by cattle. In: Owens F N, Gill D, Lousy K. (eds) *Symposium Proceedings: Protein Requirements for cattle*. Okla. Agr. Sta. 1986; MP-121: 81-95.
- Fahey G C, Berger L L. Carbohydrate nutrition of ruminants. In: Church D C. (ed) *The Ruminant Animal. Digestive physiology and nutrition*. 1st ed. USA: Prentice Hall. 1988: 269-297.
- Faichney G J. The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract of ruminants. In McDonald I W, Warner C I. (eds). *The University of New England Publishing Unit, Armidale, Australia*. 1975: 277-291.

- Federer W T. Experimental Design. Theory and application. New Delhi. Oxford & IBH Publishing. 1967.
- Fenton T W, Fenton M. An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. *Can. J. Anim. Sci.* 1979; 59: 631.
- Ferreiro G H M. Forages as supplements for molasses based diets in cattle. Thesis of Doctor of Philosophy. University of Reading. 1986; 213.
- Garza F J D. Técnicas para realizar la fistulación y canulación del esófago y del rumen. En: Castellanos R A, Llamas L G, Shimada M A. (eds) Manual de técnicas de investigación en rumiología. México, D.F. Ed. PAIEPEME, A.C. 1990a: 231-242.
- Garza F J D. Water Kinetics in the Rumen of Beef Cattle. Thesis Doctor of Philosophy. Oklahoma State University. Oklahoma, USA. 1990b: 168.
- Garza F J D, Owens F N, Welty S, Summers J. Comparison of ileal with ruminal urea infusions on feed intake and digestibility of prairie hay by beef steers. *Okla. Agr. Exp. Sta. Res. Rep.* 1992a; MP-136:258-264.
- Garza F J D, Owens F N, Welty S, Summers J. Frequency of urea dosing for beef steers fed low protein hay. *Okla. Agr. Exp. Sta. Res. Rep.* 1992b; MP-136: 271-276.
- Goering H K, Van Soest P J. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agriculture Handbook No. 379 ARS-USDA, Washington, DC. 1975.
- González J. Cuantificación del alimento desperdiciado por el pollo de engorda. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 1983: 14.
- Grovum W L. A New Look what is Controlling Food Intake. In: Owens F N, Gill D, Lousy K. (eds) Symposium Proceedings: Protein Requirements for cattle. *Okla. Agr. Sta. MP-121*: 1986: 1-40.
- Grovum W L, Williams V J. Rate of passage of digesta in sheep 4. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in faeces. *Br. J. Nutr.* 1986; 30: 313-329.
- Gustafsson A H, Palmquist D L. Diurnal variation of rumen ammonia, serum urea, and milk urea in dairy cows han high and low yields. *J. Dairy Sci.* 1993; 76: 475.
- Harmeyer J, Martens H. Aspects of urea metabolism in ruminants with reference to the goat. *J. Dairy Sci.* 1980; 63 (10): 1707.

- Harrison D G, McAllan A B. Factors affecting microbial growth yields in the reticulo-rumen. In: Ruckebusch Y, Thievend P (eds) Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants. England: M.T.P. Press Ltd. 1980: 205-226.
- Hart S P, Polan C E. Simultaneous extraction and determination of ytterbium and cobalt ethylenediamine tetraacetate complex in feces. J. Dairy Sci. 1984; 67: 888.
- Henderickx H K. Aspectos cuantitativos del uso del nitrógeno no-proteico en la alimentación de los rumiantes. Rev. Cubana Cienc. Agric. 1976; 10: 1.
- Hespell B R, Bryant P M. Efficiency of rumen microbial growth: Influence of some theoretical and experimental factors on Y ATP. J. Anim. Sci. 1979; 49 (6) 1640.
- Holzer Z, Levy D. Poultry litter as a protein supplement for beef cattle fed fibrous diet. World Rev. Anim. Prod. 1976; 12: 91.
- Hovell F D DeB, López S. Rumen osmotic pressure, water flux and volatile fatty acid (VFA) absorption in sheep. Proc. Nutr. Soc. 1993; 52: 181A.
- Huntington G B. Hepatic urea synthesis and site and rate of urea removal from blood of beef steers fed alfalfa hay or a high concentrate diet. Can. J. Anim. Sci.; 1989; 69: 215.
- Isaacson H R, Hinds F C, Bryant M P, Owens F N. Efficiency of energy utilization by mixed rumen bacteria in continuous culture. J. Dairy Sci. 1975; 58: 1645.
- Jakhmola R C, Kundu S S, Punju M L, Singh K, Kamra D N, Singh R. Animal excreta as ruminant feed -Scope and limitation under indian conditions. Anim. Feed Sci. Technol. 1988; 19:1.
- Johnson R R. Influence of carbohydrate solubility on non-protein nitrogen utilization in the ruminant. J. Anim. Sci. 1976; 43: 184.
- Kennedy P M, Milligan L P. The degradation and utilization of endogenous urea in the gastrointestinal tract of ruminants: a review. Can. J. Anim. Sci. 1980; 60: 205
- Kotb A R, Luckey T D. Markers in nutrition. Nutr. Abst. & Rev. 1972; 42 (3): 28.
- Krishnamoorthy U, Muscato T V, Sniffen C J, Van Soest P J. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. J. Dairy Sci. 1982; 65: 217.
- Leng R A, Nolan J V. Nitrogen metabolism in the rumen. J. Dairy Sci. 1984; 67: 1072.
- Lucas H L, Smart W W, Cipolloni M A, Gross H D. Relations between digestibility and composition of feeds and foods. Report, North Carolina State College. 1961: S-45 (mimeo).

- Luginbuhl J M, Pond K R, Burns J C. Changes in ruminal and fecal particle weight distribution of steers fed coastal bermudegrass hay han four levels. *J. Anim. Sci.* 1990; 68 (9): 2864.
- Magaña C A, Rodríguez G F. Respuesta a tres niveles de melaza en toretes de engorda en corral utilizando dietas con pollinaza. *Tec. Pecu. Mex.* 1986; 24 (52): 14.
- McBride B W, Kelly J M. Energy cost of absorption and metabolism in the ruminant gastrointestinal tract and liver: A review. *J. Anim. Sci.* 1990; 68): 2297.
- Mehrez A Z, Orskov E R, McDonald I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *Br. J. Nutr.* 1977; 38: 437.
- Merchen N R. Digestion, Absorption and Excretion in Ruminants. In: Church D C (ed). *The Ruminant Animal. Digestive physiology and nutrition.* 1st ed. USA: Prentice Hall 1988: 172-201.
- Mir P S, Mir Z, Hall J W. Relationships among rate of passage of feed, dry matter intake and chemical components of several diets. *Can. J. Anim. Sci.* 1991; 71: 1159.
- Mizwicki K L, Owens F N, Poling K, Burnett G. Timed ammonia release for steers. *J. Anim. Sci.* 1980; 51 (3): 698.
- National Research Council. *Nutrient Requirements of Beef Cattle.* 6th ed. National Academy Press, Washington, D.C. 1984: 90.
- National Research Council. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle.* 6th rev. ed. National Academy Press, Washington, D.C. 1989: 157.
- Oltjen R R, Slyter L L, Kozak A S, Williams E E. Evaluation of urea, biuret, urea phosphate and uric acid as NPN sources for cattle. *J. Nutr.* 1968; 94: 193.
- Oltjen R R, Dinius D A. Processed poultry waste compared with uric acid, sodium urate, urea and biuret as nitrogen supplements for beef cattle fed forage diets. *J. Anim. Sci.* 1976; 43 (1): 201.
- Orskov E R, Ryle M. *Energy Nutrition in Ruminants.* 1st ed. London, England: Ed. Elsevier applied Science. 1990: 149.
- Owens F N, Lousy K S, Mizwicki K, Forero O. Slow ammonia release from urea: rumen and metabolism studies. *J. Anim. Sci.* 1980; 50 (3): 527.
- Owens F N, Bergen W G. Nitrogen metabolism of ruminant animals: Historical perspective, current understanding and future implications. *J. Anim. Sci.* 1983; 57 (2): 498.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- Owens F N, Goetsch A L. Digesta passage and microbial protein synthesis. In: Milligan L P, Grovum W L, Dobson A.(eds). Control de Digestion and Metabolism in Ruminants. Proceedings of the sixth International Symposium on Ruminant Physiology. 1984: 196-223.
- Owens F N, Goetsch A L. Ruminal fermentation. In (ed) Church D C. The Ruminant Animal. Digestive physiology and nutrition. 1st ed. USA: Prentice Hall 1988: 145-171.
- Owens F N, Zinn R. Protein metabolism of ruminant animals. In: Church D C.(ed) The Ruminant Animal. Digestive physiology and nutrition. 1st ed. USA: Prentice Hall 1988: 227-249.
- Owens F N, Hanson C F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. In Symposium: External and Internal Markers. J. Dairy Sci. 1992; 75: 2605.
- Preston R L. Empirical value of crude protein systems for feedlot cattle. In: Owens, F N. (ed) Protein Requirements for cattle. Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma. 1980: 128-132.
- Prigge E C, Galyean M L, Owens F N, Wagner D G, Johnson R R. Microbial protein synthesis in steers fed processed corn rations. J. Anim.Sci. 1978; 66: (1) 249.
- Quiroz R A, Pond K R, Tolley E A, Johnson W L. Selection among nonlinear models for rate of passage studies in ruminants. J. Anim. Sci. 1988; 66: 2977.
- Reynolds C K. Metabolism of nitrogenous compounds by ruminant liver. J. Nutr. 1992; 122: 850.
- Rodríguez M R, Martínez P R, Rodríguez G F, Zorrilla R J M. Bromatología de Forrajes e Ingredientes para la Alimentación Animal. 1990; C.E. Clavellinas-INIFAP, México.
- Rogers J A, Davis C L. Effects of intraruminal infusions of mineral salts on volatile fatty acid production in steers fed high- grain and high-roughage diets. J. Dairy Sci. 1982; 65: 953.
- Russell J B, Hespell B R. Microbial rumen fermentation. J. Dairy Sci. 1981; 64: 1153.
- Russell J B, Onodera R, Whinny T. Ruminal protein fermentation: New perspectives on previous contradictions. In: Tsuda T, Sasaki Y, and Kawashima R. (eds) Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants: Proceedings of de Seventh International Symposium on Ruminants Physiology. USA: Academic Press. 1991: 681-697.
- Russell J B, Chow J M. Another theory for the action of ruminal buffer salts: Decreased starch fermentation and propionate production. J. Anim. Sci. 1993; 76: 826.

- SAS Institute Inc SAS/STAT Guide for personal computers. Version 6 Ed. Cary, NC., USA. 1988.
- Satter L D, Slyter L L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *Br. J. Nutr.* 1974; 32: 199-204.
- Satter L D. A metabolizable protein system keyed to ruminal ammonia concentration- The Wisconsin system. In: Owens, F N. (ed) Protein Requirements for cattle. Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma. 1980: MP-109: 128-132.
- Schmidt S P, Jorgensen N A, Benevenga N J, Brungardt V H. Comparison of soybean meal, formaldehyde treated soybean meal, urea and starea for steers. *J. Anim. Sci.* 1973; 37 (5): 1223.
- Scott R R Hibberd C A. Incremental levels of supplemental ruminal degradable protein for beef cows fed low quality native grass hay. *Okla. Agr.Exp. Sta.* 1990; MP-129; 57-63
- Shwedel K. Impacto del tratado de libre comercio sobre la ganaderia implicaciones para los veterinarios del TLC. En :Pérez T J M, González P E.(eds.) XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias 1994: 436-448.
- Sinclair L A, Garnsworthy P C, Newbold J R, Buttery P J. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation an microbial protein synthesis in sheep. *J. Agric. Sci.* 1993; 120: 251-263.
- Slyter L L, Satter L D, Dinius D A. Effect of ruminal ammonia concentration on nitrogen utilization by steers. *J. Anim. Sci.* 1979: 48 (4); 906
- Slyter L L, Lote R R, Kern D L, Weaver J M. Microbial species including ureolytic bacteria from the rumen of cattle fed purified diets. *J. Nutr.* 1968; 94: 185.
- Smith L W, Calvert C C. Dehydrated broiler excreta versus soybean meal as nitrogen supplements for sheep. *J. Anim. Sci.* 1976; 43: 1286.
- Smith L W, Wheeler W E. Nutritional and economic value of animal excreta. *J. Anim. Sci.* 1979; 48: 144.
- Smith R H. Synthesis of microbial nitrogen compounds in the rumen and their subsequent digestion. *J. Anim. Sci.* 1979; 49 (6): 1604.
- Smith S C, Britton J G, Enis J D, Barnes K C, Lousy K S. Mineral levels of broiler house litter and forages and soils fertilized with litter. *Anim. Sci Research Report* 1993; 153.
- Soria R L, Aveldaño R, Ortiz L. Levantamiento fisiográfico del Edo. de Querétaro. CIFAP-GUANAJUATO. INIFAP-SARH 1987 p 135.

- Steel R G D, Torrie J H. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. Singapore. 2a. ed. McGraw-Hill International Book Co. 1981: 633
- Sutton J D. Digestion and end-product formation in the rumen from production rations. In: Ruckebusch Y, Thievend P (eds) Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants. England: M.T.P. Press Ltd. 1980: 271-290.
- Swingle R S, Araiza A, Urias A R. Nitrogen utilization by lambs wheat straw alone or with supplements containing dried poultry waste, cottonseed meal or urea. *J. Anim. Sci.* 1977; 45: 1435
- Teeter R G, Owens F N, Mader T L. Ytterbium chloride as a marker for particulate matter in the rumen. *J. Anim. Sci.* 1984; 58 (2): 465.
- Tejada H I. Control de Calidad y Análisis de Alimentos para Animales. México D.F. Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A.C. 1992:397
- Thomas P C, Rook J A F. Manipulation of rumen fermentation. In: Haresign W, Lewis R J. (eds) Recent Advances in animal nutrition. London, Butterworths 1977: 83-109.
- Udén P, Colucci P E, Van Soest P V. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *J. Sci. Food Agric.* 1980; 31: 625.
- Van Soest P J. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *J. Anim. Sci.* 1967; 26: 149.
- Van Soest P J. Nutritional Ecology of the Ruminant. 1st ed. Portland, OR., USA: O&B Books Inc. 1982: 373.
- Warner A C I, Stacy B D. Solutes in the rumen of the sheep. *Q. J. Exp. Physiol.* 1965; 50: 169.
- Warner A C I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. *Nutr. Abst. Rev. Series B.* 1981; 51: (12) 789.
- Weakley C D. Influence of roughage level, ruminal pH and ammonia concentration on ruminal protein degradation and microbial protein synthesis in cattle. Thesis Doctor of Philosophy. Oklahoma State University. 1983: 150.
- Weekes T E C, Richardson R I, Geddes N. The effect of ammonia on gluconeogenesis by isolated sheep liver cells. *Proc. Nutr Soc.* 1978: 3A.
- Weston R H. Factors limiting the intake of feed by sheep. XI. The effect of pregnancy and early lactation on the digestion of a medium-quality roughage. *Aust. J. Agric. Res.* 1988; 39: 659.

Wohlt J E, Sniffen C J, Hoover W H, Johnson L L, Walker C K. Nitrogen metabolism in wethers as affected by dietary protein solubility and amino acid profile. *J. Anim. Sci.* 1976; 42 (5): 1280.

Yokoyama M T, Johnson K A. Microbiology of the rumen and intestine. In: Church D C. (ed) *The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition*. 1st ed. USA: Prentice Hall. 1988: 125-144.

Zorrilla-Rios J, Owens F N, Horn G W, McNew R W. Effect of ammoniation of wheat straw on performance and digestion kinetics in cattle. *J. Anim. Sci.* 1985; 60 (3); 814.

APENDICE No 1

PROCEDIMIENTO PARA MARCAR RASTROJO DE SORGO CON ACETATO DE YTERBIO POR EL METODO DE INMERSION-LAVADO (Teeter et al., 1984)

Se pesaron 500 g de rastrojo de sorgo.

25 g de acetato de yterbio se diluyeron en 10 l de agua destilada.

El rastrojo se sumergió por 48 h en la solución de yterbio, con agitación periódica (3-4 veces d).

El rastrojo de sorgo se lavó con agua de la llave, posteriormente se sumergió por 1 h con 10 l de agua con pH 4.2. Este paso se realizó 6 veces.

Para verificar si aún existía yterbio no ligado al rastrojo, se tomaron 100 ml del agua al finalizar cada período de inmersión y se mezclaron con una solución amortiguadora de fosfato (pH=10). Si la mezcla se tomaba turbia indicaba la presencia de yterbio en solución.

APENDICE No 2

PROCEDIMIENTO PARA FIJAR LAS CURVAS DE EXCRECION DE LOS

MARCADORES EN HECES (Colucci, 1984).

(a) Graficar la concentración del marcador (microgramos/g) contra el tiempo en papel semilogartmico.

(b) La porción descendente del gráfico fue evaluado por regresión del logaritmo natural (ln) de la concentración del yterbio contra el tiempo de muestreo. El modelo utilizado fue:

$$\ln Y = \ln A - kt$$

donde:

$\ln Y$ = logaritmo natural de la concentración del yb en heces en el tiempo t; A es la concentración del yb en el tiempo cero y k es la tasa de paso para el yb; el primer punto fue seleccionado por inspección visual.

(c) El valor de k, estimado por regresión lineal, se utilizó como el valor inicial del parámetro k_1 en el procedimiento NLIN; los valores iniciales para los otros parámetros (k_2 , TT y A) fueron estimados visualmente de la gráfica semilogartmica.

PROGRAMA PARA ANALIZAR CURVAS DE EXCRECION DEL MARCADOR
 MEDIANTE EL MODELO DE GROVUM Y WILLIAMS (1973) CON EL
 PROCEDIMIENTO NO LINEAL (METODO DE MAQUARDT)
 (COLUCCI, 1984)

```

DATA;
INPUT TIME YB;
Y=(YB);
T=(TIME);
IF T < 0 THEN DELETE;
OPTIONS LS=100;
OUTPUT;
CARDS;
;
PROC NLIN ITER=75 CONVERGENCE=.01 METHOD=MARQUARDT;
PARAMETERS a=5000 K1=.0311 K2=.08 TT=10;
L=T-TT;
IF L<0 THEN GO TO ALPHA;
E1=EXP(-K1*L);
E2=EXP(-K2*L);
MODEL Y=A*(E1-E2);
DER.A=E1-E2;
DER.K1=-L*A+E1;
DER.K2=L*A+E2;
DER.TT=A*(K1*E1-K2*E2);
GO TO BETA;
ALPHA;
MODEL Y=0.0;
DER.A=0.0;
DER.K1=0.0;
DER.K2=0.0;
DER.TT=0.0;
BETA;
OUTPUT OUT=POINTS PREDICTED=YHAT RESIDUAL=RESID PARMS= A K1
K2 TT;
PROC PRINT;
VAR T Y YHAT RESID;
PROC PLOT;
PLOT YHAT*T=*** Y*T=Y'/OVERLAY VZERO HZERO VPOS=30 HPOS=50;
PROC PRINT;
RUN;
    
```