

11662



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO 1

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
MAESTRIA EN NUTRICION ANIMAL

29

FERMENTACION, DIGESTION Y CINETICA RUMINAL
EN NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON UNA
DIETA BASADA EN MAIZ, POLLINAZA Y
DIFERENTES FUENTES PROTEICAS.

T E S I S
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN:
NUTRICION ANIMAL
P R E S E N T A :
ING. MANUEL BARRON ARREDONDO

ASESOR: Phd. JUAN DE DIOS GARZA FLORES.

21.7.98

AJUCHITLAN, QUERETARO.

ABRIL DE 1998.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANZANDO
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES-CUAUTITLAN

COORDINACION GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CARTA DE VOTOS APROBATORIOS

**Coordinación General de Estudios de Posgrado
FES - Cuautitlán
Presente.**

Por medio de la presente nos permitimos comunicar a usted que revisamos la tesis titulada "FERMENTACION, DIGESTION Y CINETICA RUMINAL EN NOVILLOS BRAHMAN

ALIMENTADOS CON UNA DIETA BASADA EN MAIZ, POLLINAZA Y DIFERENTES FUENTES PROTEICAS".

que presenta el (la) alumno (a) MANUEL BARRON ARREDONDO

con Núm. de cuenta 9480759-8 N° Exp. 100941012

para obtener el grado de MAESTRIA EN NUTRICION ANIMAL

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el Examen de Grado correspondiente, otorgamos el voto aprobatorio.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

_____ a _____ de _____ de 19 _____

NOMBRE DE LOS SINODALES

PRESIDENTE: DR. ARMANDO SHIMADA MIYASAKA

VOCAL: DR. MOISES MONTAÑO BERMUDEZ

Dr. Moisés B.

SECRETARIO DR. JUAN DE DIOS GARZA FLORES

1er. SUPL. DR. JOSE LUIS ROMANO MUÑOZ

2do. SUPL. DR. JOSE ZORRILLA RIOS

RESUMEN

FERMENTACION, DIGESTION Y CINETICA RUMINAL EN NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON UNA DIETA BASADA EN MAIZ, POLLINAZA Y DIFERENTES FUENTES PROTEICAS.

Manuel Barrón Arredondo

Asesor: PhD. Juan de Dios Garza Flores

Se realizaron dos experimentos para estudiar la fermentación, digestión y cinética ruminal, en novillos Brahman alimentados con dietas basadas en pollinaza, maíz y diferentes fuentes proteicas (urea, pasta de soya, harina de carne y hueso y harina de pescado); de acuerdo a un Cuadrado Latino 4x4, con arreglo en parcelas divididas para las mediciones en el tiempo. El primer experimento consistió de cuatro períodos de 12 días cada uno (cinco de adaptación y siete para manejo experimental); donde se evaluó la digestión aparente de la materia seca (DMS), la materia orgánica (DMO), y la proteína cruda (DPC) de las dietas, la fermentación ruminal (pH y concentración de nitrógeno amoniacal, $[\text{NH}_3\text{-N}]$) y la digestión in situ de las fuentes proteicas. La inclusión de las fuentes proteicas no influyó sobre el pH del líquido ruminal (6.3; $P=0.75$), pero se detectaron diferencias ($P<0.0001$) durante el período posprandial (6.7, 6.3 6.0; para 0, 6 y 12 horas, respectivamente). Se detectaron diferencias en la $[\text{NH}_3\text{-N}]$ en el líquido ruminal entre tratamientos (11.6, 8.7, 6.8 y 7.2 mg/100 ml; $P<0.004$) y durante el posprandium (4.3, 14.4, y 6.9 mg/100 ml; $P<0.0001$). La desaparición in situ de la MS (64.0, 64.0, 37.8 y 19.8%; para pollinaza, pasta de soya, harina de carne y harina de pescado, respectivamente) y de la MO (58.4, 60.1, 52.7 y 21.2%; para pollinaza, pasta de soya, harina de carne y harina de pescado, respectivamente) fue diferente entre tratamientos ($P<0.01$) y entre horas posprandiales ($P<0.0001$). La fracción de la MS degradable

en el rumen a una tasa determinada (B) varió entre tratamientos ($P < 0.0001$). La DMS (62.5%; $P = 0.86$), la DMO (65.9%; $P = 0.83$) y la DPC (55.8%; $P = 0.87$) fue similar entre tratamientos. El segundo experimento tuvo una duración de cuarenta días, divididos en cuatro periodos de 10 días cada uno (cinco de adaptación y cinco de manejo experimental). En este trabajo se estudio la cinética ruminal (tasa de pasaje de sólidos, tasa de dilución, tiempo de recambio, tiempo medio de retención, y el tiempo de tránsito), se determinó el volumen ruminal mediante estimaciones directas (evacuación del contenido ruminal) e indirectas (utilizando Co-EDTA como indicador); y se evaluaron las variaciones en el pH de líquido ruminal y la $[NH_3-N]$, utilizando distintos tiempos de muestreo. El pH y la $[NH_3-N]$ del líquido ruminal se comportó similar a lo registrado en el experimento anterior, tanto en los tratamientos como en el tiempo posprandium. No se detectaron diferencias para la tasa de dilución (9.6 %/h; $P = 0.9$), el volumen ruminal (44.3 l; $P = 0.4$), el tiempo de recambio (13 h; $P = 0.5$) y la tasa de flujo (3.7 l/h; $P = 0.5$); entre las distintas fuentes proteicas. De igual forma, la tasa de pasaje (3.83 %/h; $P = 0.5$), el tiempo de retención de sólidos en el rumen (33 h; $P = 0.9$) y el tiempo medio de retención total (51.5 h, $P = 0.9$) fueron similares entre tratamientos. El volumen determinado por evacuación ruminal directa fue menor (19.2 vs 44.33 l) al estimado con el marcador. Las diferentes tasas de degradación ruminal y las variaciones en la $[NH_3-N]$ observadas con las distintas fuentes de nitrógeno utilizadas en este estudio, sugieren una mejor utilización del nitrógeno en el rumen, sin afectar la dinámica, el volumen y la digestión total.

DEDICATORIA

A mi compañera, Carmen, por su apoyo y comprensión para lograr cumplir esta meta. Por su solidaridad ante los pequeños contratiempos, que no han faltado. Y por su inagotable cariño y paciencia para mi y nuestros hijos, Violeta del Carmen y Juan Manuel; quienes son el eje de nuestra existencia.

A mis padres, Ignacio y M^a Remedios, por ser el primer apoyo durante el aprendizaje y por fomentar en mi la inquietud por ser mejor.

A mis hermanos, José Luis, María, Ignacio, Guadalupe, Leonardo, Juan José, Mario, Remedios y David, por su apoyo solidario, siempre, y económico cuando ha sido necesario. Pero mas que nada por su cariño fraterno.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias, por brindar la oportunidad para realizar los estudios de posgrado. Así como el apoyo económico recibido durante este periodo.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México, por aceptarme dentro de su programa de posgrado y por las facilidades brindadas durante la consecución de los créditos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el otorgamiento de la beca para realizar los estudios de Maestría.

Al Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A.C., por el apoyo en los animales, las instalaciones, los reactivos y el equipo de laboratorio utilizados para la realización de estos experimentos.

Al personal académico del posgrado, por los conocimientos impartidos.

A todas las personas que colaboraron directa ó indirectamente a la realización de este trabajo. Especialmente a: Manuel Gómez, Alejandra Castilla y Jesús Ramírez, por su inapreciable colaboración y comentarios, a Don Jesús Jiménez, por su apoyo en la elaboración de las dietas y por su amistad. Al MC Jorge Quiróz y al MC Ricardo Basurto, por el auxilio en el manejo e interpretación de los modelos no lineales.

No puede faltar el reconocimiento al guía de esta experiencia, ya que semejante a un navío que requiere de experta conducción para culminar su travesía, sus consejos y el tiempo que me dedicó han sido fundamentales; al Doctor Juan de Dios Garza Flores.

CONTENIDO

Página

RESUMEN. - - - - -	i
DEDICATORIA. - - - - -	iii
AGRADECIMIENTOS. - - - - -	iv
CONTENIDO. - - - - -	v
INDICE DE CUADROS. - - - - -	viii
INDICE DE GRAFICAS. - - - - -	ix
INDICE DE APENDICE. - - - - -	x

CAPITULO I

INTRODUCCION. - - - - -	1
-------------------------	---

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA. - - - - -	4
La proteína de sobrepaso y el pH ruminal. - - - - -	6
Las fuentes proteicas y la producción de nitrógeno amoniacal (NH ₃ -N). - - - - -	8
Digestión in situ de fuentes proteicas. - - - - -	10
Modificación de la digestibilidad con el uso de fuentes proteicas. - - - - -	12
La proteína de sobrepaso y la cinética ruminal. - - - - -	13
Comportamiento animal. - - - - -	14

CAPITULO III

HIPOTESIS Y OBJETIVO GENERAL. - - - - -	16
---	----

Material y métodos. - - - - -	54
- Localización. - - - - -	54
- Animales. - - - - -	54
- Alimentación. - - - - -	54
- Determinación de pH y NH ₃ -N en líquido ruminal. -	55
- Cinética de líquidos. - - - - -	56
- Cinética de sólidos. - - - - -	57
- Evacuación ruminal. - - - - -	58
- Análisis estadístico. - - - - -	59
Resultados y discusión. - - - - -	62

CAPITULO VI

CONCLUSIONES. - - - - -	79
IMPLICACIONES. - - - - -	79
REFERENCIAS. - - - - -	80
APENDICE. - - - - -	93

CAPITULO IV
EXPERIMENTO I
DIGESTION EN NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON
DIETAS DE MAIZ, POLLINAZA ADICIONADAS CON
DIFERENTES FUENTES PROTEICAS.

Resumen. - - - - -	17
Introducción. - - - - -	18
Objetivo. - - - - -	21
Material y métodos. - - - - -	22
- Localización. - - - - -	22
- Animales. - - - - -	22
- Alimentación. - - - - -	22
- Colección de muestras. - - - - -	25
- Determinaciones en líquido ruminal. - - - - -	25
- Desaparición <i>in situ</i> y tasa de digestión. - - - - -	26
- Digestibilidad aparente. - - - - -	28
- Análisis estadístico. - - - - -	29
Resultados y discusión. - - - - -	31

CAPITULO V
EXPERIMENTO II
CINETICA RUMINAL Y CARACTERISTICAS DE LA
FERMENTACION DE LA DIETA DE NOVILLOS BRAHMAN
ALIMENTADOS CON DIETA BASAL DE MAIZ, POLLINAZA
Y FUENTES PROTEICAS

Resumen. - - - - -	49
Introducción. - - - - -	50
Objetivo. - - - - -	53

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Composición bromatológica (%) de los ingredientes (Base seca).	23
2	Composición de las dietas experimentales (% en base seca)	24
3	Esquema de dosificación de Cr ₂ O ₃ , colecta de muestras e incubación de bolsas de dacrón (experimento 1).	26
4	Parámetros calculados de degradación <i>in situ</i> de la materia seca (experimento 1)	41
5	Parámetros calculados de degradación <i>in situ</i> de la materia orgánica (experimento 1)	42
6	Digestibilidad aparente de dietas conteniendo pollinaza y diferentes fuentes proteicas, medida con colección parcial de heces (experimento 1)	45
7	Esquema de dosificación de marcadores para determinación de cinética ruminal y toma de muestras (experimento 2)	56
8	Cinética de líquidos en novillos Brahman alimentados con dietas a base de maíz, pollinaza y diferentes fuentes proteicas (experimento 2).	70
9	Distribución de las fracciones en rumen de de novillos Brahman alimentados con dietas a base de maíz, pollinaza y diferentes fuentes proteicas (experimento 2).	72
10	Cinética de sólidos en novillos Brahman alimentados con dietas a base de maíz, pollinaza y diferentes fuentes proteicas (experimento 2).	74

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA		PAGINA
1	pH de líquido ruminal en novillos Brahman alimentados con dietas basadas en maíz, pollinaza y fuentes proteicas (experimento 1).	32
2	Concentración de N-NH ₃ en el líquido ruminal de novillos Brahman alimentados con dietas a base de maíz, pollinaza y fuentes proteicas (Experimento 2).	34
3	Desaparición <i>in situ</i> de la materia seca de fuentes proteicas a diferentes tiempos de incubación.	36
4	Desaparición <i>in situ</i> de la materia orgánica de fuentes proteicas a diferentes tiempos de incubación.	43
5	pH en líquido ruminal de novillos Brahman alimentados con dietas a base de maíz, pollinaza y diferentes fuentes proteicas (experimento 2).	64
6	Concentración de N-NH ₃ en líquido ruminal de novillos Brahman alimentados con dietas a base de maíz, pollinaza y fuentes proteicas (Experimento 2).	66

INDICE DE APENDICE

A 1	Aleatorización de las unidades experimentales a los tratamientos (experimento 1).	93
A 2	Peso vivo (kg) de los animales (experimento 1).	94
A 3	Consumo de materia seca en novillos Brahman alimentados con dietas basadas en maíz, pollinaza y diferentes fuentes proteicas (experimento 1)	95
A 4	Consumo de materia seca expresado como porcentaje del peso vivo (experimento 2)	96
A 5	Valores de pH y concentraciones de $\text{NH}_3\text{-N}$ en novillos Brahman alimentados con dietas a base de maíz, pollinaza y diferentes fuentes proteicas (experimento 1).	97
A 6	Desaparición <i>in situ</i> (%) de la materia seca (experimento 1).	98
A 7	Desaparición <i>in situ</i> (%) de la materia orgánica (experimento 1).	99
A 8	Aleatorización de las unidades experimentales a los tratamientos (experimento 2).	100
A 9	Peso vivo (kg) de los animales (experimento 2).	101
A 10	Consumo de novillos Brahman alimentados con dietas basadas en maíz, pollinaza y diferentes fuentes proteicas (experimento 2).	102
A 11	Consumo de materia seca expresado como porcentaje del peso vivo (experimento 2)	103

Continúa Apéndice...

- | | | |
|------|--|-----|
| A 12 | Concentración de NH ₃ -N (mg/100 ml) en el líquido ruminal de novillos Brahman alimentados con dietas a base de pollinaza y diferentes fuentes proteicas (experimento 2). | 104 |
| A 13 | pH de líquido ruminal en novillos Brahman alimentados con dietas a base de maíz, pollinaza y diferentes fuentes proteicas (experimento 2) | 105 |

CAPITULO I

INTRODUCCION

El desarrollo de sistemas intensivos de producción de ganado de engorda, generalmente, se ha ubicado en zonas donde la producción de esquilmos y subproductos agro industriales es elevada. Esta situación ha propiciado la investigación para evaluar y utilizar en forma racional algunos de estos alimentos que tradicionalmente representan un desperdicio. Un subproducto de importancia generado por la industria avícola es la pollinaza, la cual, dadas sus características nutricionales y su costo, es empleada frecuentemente en dietas para bovinos de engorda. No obstante que el uso de la pollinaza esta muy generalizado, persisten aún bajos rendimientos en el comportamiento productivo de los animales que la consumen.

La utilización de niveles altos de pollinaza en las dietas, sugiere un eventual mejoramiento en estos sistemas de alimentación, mediante el uso de fuentes proteicas de alto valor. La pollinaza aporta principalmente NNP y este es utilizado en el rumen para la actividad microbiana; mientras que las fuentes de proteína verdadera pueden escapar al ataque bacteriano en el rumen, y aportar amino ácidos para el animal.

Sin embargo, la utilización del nitrógeno para el crecimiento bacteriano en el rumen, esta en función de la cantidad de energía disponible (NRC, 1985; Clark et al., 1987). Esto indica que la proteína disponible para

absorción, es derivada tanto de la proteína microbiana que es sintetizada en el rumen como de la porción proteica que escapa a la degradación ruminal (Owens y Zinn, 1982; Coomer et al., 1993).

La nutrición proteica en los rumiantes es un proceso complejo y dinámico que requiere del conocimiento de los procesos fermentativos a nivel ruminal. El manejo adecuado de las fuentes de proteína para mejorar la nutrición del animal con amino ácidos procedentes de proteína no degradada en el rumen (Weakley et al., 1983a; Mackie y White, 1990) contribuye a eficientar sustancialmente la capacidad productiva de animales en crecimiento, ó de bovinos adultos con alta producción (Koeln y Paterson, 1986; Owens, 1988; Espinosa y Espinosa, 1991; Merchen y Titgemeyer, 1992; Moshtaghi Nia e Ingalls, 1995; Stanton, 1996).

La elección de la fuente proteica es importante, ya que dependiendo de su composición, ésta será degradada con mayor o menor eficiencia en el rumen, ocasionando con ello una variación en la cantidad de proteína y/o amino ácidos que pueden llegar a ser digeridos en el abomaso e intestino delgado. La proteína de la pasta de soya se degrada extensamente en el rumen comparada con la proteína de la harina de pescado (46.2 vs 28.3%), indicando el alto potencial de escape a la degradación ruminal en los subproductos de origen animal (Erasmus et al., 1994).

La degradación (tasa y extensión) de la proteína en el rumen esta en función del tiempo de residencia de la

digesta, las características de la dieta y el nivel de alimentación.

La información disponible (Calsamiglia et al., 1995) señala que existen diferencias entre los subproductos que potencialmente se pueden utilizar para la alimentación animal. Algunas fuentes de proteína no mejoran el comportamiento de animales en crecimiento (Mäntysaari et al., 1989). Por lo que es importante su clasificación en función de su origen o tipo de proceso, ya que dependiendo del método de obtención de las diferentes fuentes de proteína, se pueden encontrar diferencias en su degradación.

La solubilidad proteica es un factor importante que determina la utilización de la proteína en el animal; el tratamiento con calor puede afectar parte de la proteína provocando una baja solubilidad del nitrógeno ruminal, (Tamminga, 1979). El pH es otro factor que influye en la degradación de las proteínas en el rumen (Isaacs y Owens, 1972; Stern y Satter, 1984).

La identificación de ingredientes que contengan mayores cantidades de proteína de escape a la fermentación ruminal es de importancia en la nutrición de rumiantes (Barcena, 1994; Howie et al., 1994; Castaldo, 1995). La selección de tales ingredientes debe orientarse para complementar las deficiencias de proteína necesaria para un buen comportamiento, sin embargo, estas respuestas pueden variar con la edad, la raza, el tipo de dieta y el manejo del ganado en general.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

El nitrógeno que se aporta al animal se puede clasificar en tres categorías principales: A). Proteína rápidamente degradable en rumen retículo; esta fracción es rápidamente convertida a amoníaco, comprende principalmente nitrógeno no proteico (NNP), aminoácidos libres y péptidos pequeños. B). Proteína poco degradable o proteína no disponible en rumen retículo; esta fracción representa la parte proteica que potencialmente puede escapar a la degradación ruminal y ser disponible para absorción en el intestino delgado. C). Proteína no degradable o proteína indisponible; esta se considera como la fracción que de manera natural o inducida por tratamientos químicos, térmicos o reacciones espontáneas durante el procesamiento es indisponible para el animal y es cuantitativamente recuperable en heces (NRC, 1985).

De acuerdo a la composición química de las proteínas, estas tienen diferente grado de degradación en el rumen (NRC, 1988); por lo que los ingredientes se han clasificado en grupos con degradación baja como la harina de sangre (18%), la harina de pescado (22%); intermedias como la harina de carne y hueso (51%) y las de alta degradación como en la caseína (81%), el heno de alfalfa (72%), pasta de soya (86%), entre otros (NRC,1988). La proteína rápidamente degradable en el líquido ruminal representa la fracción proteica inmediatamente soluble y nitrógeno no proteico; así

mismo la degradación ruminal es una función de la naturaleza de las mismas proteínas y de su tiempo de residencia en el rumen (Beever y Cottrill, 1994). De acuerdo con la fuente utilizada para la elaboración de los alimentos para bovinos, se puede manipular la fracción de proteína que no se degrade en el rumen y que llegue al sitio de absorción con las mismas características que tenía al momento de ser ingerida.

En los rumiantes, la conversión de la proteína verdadera a proteína microbiana es un proceso natural. La degradación en el rumen limita la cantidad de proteína no microbiana que llega al intestino delgado. En el intestino delgado la absorción depende de la acción previa de las proteasas pancreáticas. Las proteasas pancreáticas solamente responden a la concentración de la proteína en el lumen intestinal y no a otros factores metabólicos en el plasma sanguíneo (Harmon, 1993); de lo cual se deriva la importancia de que al intestino delgado llegue la cantidad necesaria de proteína metabolizable para que se realice la secreción de las proteasas pancreáticas y la absorción. La degradación de la proteína en el rumen influye en el pH y la concentración de nitrógeno amoniacal en el líquido ruminal; estas variaciones modifican el ambiente ruminal, propiciando cambios en la capacidad de degradación. En dietas bajas en proteína, se busca una mayor degradación mientras que en dietas altas en proteína se espera disminuirla, para llenar solamente los requerimientos de los microbios ruminales, e

incrementar el aporte de proteína metabolizable al intestino delgado (NRC, 1996).

El pH ruminal y la proteína de escape.

El potencial de iones hidrógeno (pH), medido en el líquido ruminal, es un indicador de la degradación de la digesta en el rumen; consecuentemente las variaciones en las características fermentativas de los alimentos modifican en forma directa el pH. Estos cambios influyen en el ambiente ruminal, alterando las poblaciones de microorganismos.

Sin embargo, otros factores como el nivel de consumo de materia seca pueden afectar el pH (Bailey y Balch, 1961), la tasa de dilución, el número de bacterias y la presencia de protozoarios en el rumen (NRC, 1985).

El consumo de dietas basadas en forraje incrementan el pH ruminal, ello debido al efecto amortiguador de la saliva, lo que ocasiona una mejora en el ambiente ruminal (Russell y Hespell, 1981). Por el contrario el pH puede disminuir si se tienen altos niveles de consumo de concentrados, reduciendo la actividad bacteriana celulolítica, y favoreciendo el crecimiento de bacterias que soporten las condiciones existentes en el rumen (Russell et al., 1979). Sin embargo, la variabilidad entre fuentes proteicas en cuanto a su tasa de degradación es mayor que la variación en el tiempo de retención en rumen (NRC, 1985).

En sistemas intensivos de producción en donde la alimentación se basa en concentrados, el pH ruminal en los

animales oscila en un rango de 5.5 hasta 7.2, siendo crítico cuando permanece abajo de 6. Valores inferiores de pH limitan la digestión de la celulosa, provocando una disminución en la utilización del forraje en la ración (Owens y Goetsch, 1988). Otro aspecto de importancia, es la relación entre pH y la absorción de productos finales de la fermentación ruminal (ácidos grasos volátiles y $\text{NH}_3\text{-N}$). Cuando el pH es neutro o ácido la absorción de $\text{NH}_3\text{-N}$ está limitada, mientras que a mayores valores de pH, este puede pasar a través de la pared ruminal por difusión pasiva, (Russell et al., 1990). Robinson et al., (1991), en dos experimentos realizados para determinar la variación en el pH del fluido ruminal en vacas alimentadas con diversas fuentes proteicas, encontraron un valor de 6.7 al utilizar soya y 6.6 con la utilización de harina de gluten de maíz. Cozzi y Polan (1994) reportan valores similares en el pH para los mismos ingredientes (6.6 y 6.5, respectivamente). De igual forma Santos et al. (1984) indican un valor de 6.5 para la harina de gluten de maíz, pasta de soya, grano húmedo de cervecería y grano seco de destilería; lo que indica que el efecto amortiguador del heno de alfalfa, que se utilizó como forraje, pudo minimizar las fluctuaciones en el pH. En otros estudios, Stock et al. (1981) obtienen un pH de 6.0 para pasta de soya y de 5.7 para harina de sangre, utilizando simultáneamente urea. Mientras que Weakley y Owens (1983b, c) sugieren diferencias en el pH, sin modificación de la digestión de la fibra ácido detergente,

en novillos alimentados con concentrado (6.44) o forraje (6.77) al adicionar pasta de soya como complemento.

Las fuentes proteicas y la producción de nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$).

El nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) en el rumen resulta de la degradación de la proteína verdadera o del nitrógeno no proteico, el cual es fijado al carbono (de los carbohidratos aportantes de energía) por bacterias ruminales a través de glutamina sintetasa y glutamato deshidrogenasa, siendo este proceso mas eficiente a través de glutamato deshidrogenasa, ya que no consume energía. Este sistema funciona cuando las concentraciones de nitrógeno amoniacal en el líquido ruminal son altas (Visek, 1968; Owens y Zinn, 1988). La concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el rumen se considera de importancia ya que se ha determinado que cuando el nivel de este se encuentra alrededor de 100 mg/100 ml en líquido ruminal y con un pH de 8, se producen intoxicaciones (Owens y Zinn, 1988). Sin embargo el compuesto es de utilidad como sustrato para las bacterias ruminales.

Los microbios ruminales aportan aproximadamente el 66% de los amino ácidos que utilizan los rumiantes (Satter, 1986), este aporte puede ser disminuido si el $\text{NH}_3\text{-N}$ no se encuentra en cantidad suficiente para cubrir los requerimientos de mantenimiento para los microorganismos, pero tambien puede ser limitado si falta algún producto de la fermentación ruminal de la proteína que actue como

promotor de crecimiento bacteriano (Maeng y Baldwin, 1976; McAllan y Smith, 1983). El aporte deficiente de $\text{NH}_3\text{-N}$ para las bacterias puede causar la disminución en la digestión de la materia orgánica, por lo que la adición de nitrógeno no proteico es útil (NRC, 1984).

A pesar de no existir consenso en la concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$, se ha reportado (Satter y Slyter, 1974; Weakley y Owens, 1983 b,c) que concentraciones de 3 ó 5 mg/100 ml son adecuadas para mantener la síntesis de proteína microbiana con dietas a base de concentrados, sin embargo mayores concentraciones incrementan la digestión de la materia orgánica en el rumen. También se reporta (Weakley y Owens, 1983 b,c) que fluctuaciones en el pH por abajo de 6.3 puede reducir la digestión ruminal de la fibra, pero no tiene efecto sobre la eficiencia de síntesis de proteína bacteriana. Se considera que están involucrados el tiempo de residencia de partículas y tasa de dilución de líquidos.

El nivel de nitrógeno amoniacal en el rumen es variable, dependiendo de la fuente proteica utilizada. Estudios realizados por Stock et al. (1981), indican una mayor concentración del nitrógeno amoniacal en el líquido ruminal con dietas basadas en urea (61.2 mg/100 ml), en comparación con otras donde se incluyeron diferentes fuentes proteicas. Las menores concentraciones se observaron para las mezclas de urea con harina de sangre (32.3 mg/100 ml), harina de carne (37.2 mg/100 ml) o harina de gluten de maíz con soya (37.7 mg/100 ml). En contraste las concentraciones

de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el líquido ruminal observadas por Robinson et al. (1991) con dietas donde se utilizó pasta de soya y harina de gluten de maíz fueron diferentes (33.7 y 28.6 mg/100 ml respectivamente). Concentraciones similares se reportan para pasta de soya (41.4 mg/100 ml) y la harina de gluten de maíz (33.6 mg/100 ml) por Cozzi y Polan (1994). Coomer et al. (1993) observaron niveles de $\text{NH}_3\text{-N}$ menores al evaluar dietas conteniendo pasta de soya, pasta de soya tratada con calor, harina de gluten de maíz o una combinación de soya tratada con calor y harina de gluten de maíz (14.4 mg/100 ml en promedio). Diferencias en la concentración de nitrógeno amoniacal fueron encontradas por Keery et al. (1993) al utilizar la pasta de soya con tratamiento térmico (6.8 mg/100 ml), resultando menor que la alcanzada por pasta de soya normal (12.5 mg/100 ml), harina de pescado (12 mg/100 ml) o una combinación de soya tratada con harina de pescado (8.7 mg/100 ml). Con la utilización estratégica de fuentes de proteína en la alimentación de bovinos es posible modificar la concentración del $\text{NH}_3\text{-N}$ en el líquido ruminal.

Digestión in situ de fuentes proteicas.

La digestión de proteína en el rumen, utilizando el procedimiento *in situ* o *in sacco*, evalúa la desaparición colocando el material bajo prueba en bolsas de poliéster con poros pequeños. La bolsa se suspende en el rumen por periodos específicos de tiempo; y el material que desaparece

de la bolsa se asume que fue digerido (Broderick, 1982; Owens y Zinn 1988). La desaparición es iniciada muy rápido, esto representa pérdida de la proteína soluble mas las partícula finas que pasan a través de los poros de la bolsa (Owens y Zinn, 1988). Esta técnica es de utilidad en la descripción de las diferencias entre alimentos y es comúnmente el mejor método disponible para estimar degradación (Miller y Orskov, 1985).

Varga y Hoover (1983) reportan una degradación ruminal de la fibra detergente neutro de 78.0%, en muestras de pasta de soya incubadas en el rumen durante 24 h. Sin embargo otros estudios (de Boer et al., 1987), empleando el mismo tiempo de incubación ruminal, indican mayores valores de degradación, en la materia seca, para la pasta de soya (91.3%), la harina de pescado (31.5%), y la harina de carne (52.3%) en vacas lecheras. Otros trabajos señalan (Tovar et al., 1989) que la tasa de digestión ruminal de la materia seca a las 12 horas de incubación es mayor en la pasta de soya (4.8 %/h) y la harinolina (3.2 %/h) que el encontrado para bagazo de cervecería (1 %/h), gluten de maíz (1.5 %/h) y harina de sangre (0.9 %/h); sin embargo la extensión de la digestión depende de el tiempo de permanencia de la digesta en el rumen. El uso de modelos no lineales es sugerido (Nocek y English, 1986) para la evaluación de la digestión *in situ*. Con ellos se determina la fracción inmediatamente soluble, comunmente designada como A, la fracción que se degrada lentamente en el rumen, B, y la tasa fraccional a la

cual se degrada el componente B (c). La suma de A y B corresponde a la fracción potencialmente digestible en el rumen (McDonald, 1981)

Modificación de la digestibilidad con el uso de fuentes proteicas.

La digestibilidad de una dieta es influenciada por factores como digestión de la materia seca, tasa de pasaje de partículas, pH de la digesta y la naturaleza de la población microbial existente en el rumen. En el caso de dietas basadas en forrajes, la digestibilidad se relaciona inversamente con el contenido de paredes celulares digestibles, mientras que la tasa de digestión presenta una relación directa (Fahey y Berger, 1988).

Coomer et al. (1993) no encontraron diferencias en la digestibilidad total (64.3%, en promedio) de la materia orgánica al comparar pasta de soya con pasta de soya calentada, harina de gluten de maíz y una combinación de soya calentada con gluten de maíz, en novillos canulados. En otro ensayo los mismos autores estudiando los mismos tratamientos, con animales intactos y usando FDA (fibra detergente ácido) como marcador interno encontraron diferencias en la digestibilidad aparente del tubo total. La digestibilidad de la dieta fue de 65% con el uso de pasta de soya, mientras que con la inclusión de pasta de soya calentada la digestibilidad fue de 63.3%. Al comparar una combinación de gluten de maíz y pasta de soya calentada con

gluten de maíz no mostraron diferencias (57.6 y 57% respectivamente). Ayangbile et al. (1993) reportan mejoría de 4.7% en la digestibilidad de la materia seca por la utilización de cama de pollo, en tanto que con la adición de harina de sangre se estimuló la digestibilidad de la proteína cruda. Los resultados reportados permiten afirmar que la fuente proteica ejerce un efecto sobre la digestibilidad de la dieta.

La proteína de sobrepaso y la cinética ruminal.

La cinética ruminal (de sólidos y de líquidos) es de importancia ya que influye en la degradación proteica ruminal (Bergen y Yokoyama, 1977). Con tasas de pasaje rápidas (7.5%/h) se tienen estimados de escape superiores (28 y 35%, soya y harina de gluten de maíz, respectivamente) que con tasas lentas (5%/h) donde la estimación de escape fue de 17 y 29%, respectivamente (Robinson et al., 1991). En otro experimento se obtuvieron estimaciones de 37 y 48% de escape con una tasa de 7.5%/h, mientras que con tasa de 5%/h el escape se redujo a 29 y 41% respectivamente utilizando las mismas fuentes. Sin embargo Cozzi y Polan (1994) utilizando la técnica de degradación *in situ* encontraron que la degradabilidad de la proteína cruda en soya fue de 62.8 mientras que con la harina de gluten de maíz la degradabilidad fue de 8.1% (37.2 y 91.9% de escape a la degradación ruminal), a una tasa de pasaje asumida de 5 %/h. Lo cual indica que la degradabilidad esta en función

de algunos factores, entre los cuales se puede mencionar las diferentes fuentes de proteína, contenido de grano en la ración y niveles de consumo estimados (entre otros); y puede conducir a obtener valores diferentes de proteína de escape a la degradación ruminal, para una misma dieta, haciendo variar alguno de los factores mencionados. Otro factor que está siendo estudiado (Desbordes y Welch, 1984), es la densidad ó peso específico de las partículas de alimento que entran al rumen, señalando que las partículas de mayor densidad pueden salir a través del orificio reticulo-omasal con mayor rapidez. Influyendo este factor en la cinética de sólidos.

Comportamiento animal.

El aspecto de mayor relevancia práctica es el comportamiento animal. Con ganancia diaria de peso (GDP) de 1.4 kg/día, Basurto y Garza (1993) no encontraron diferencias utilizando 2% de harina de carne en animales alimentados con una dieta basada en maíz y pollinaza, pero sugieren que con niveles mayores podría mejorarse el comportamiento de los animales; al aumentarse el aporte de proteína de sobrepaso. Sin embargo, reportes de Rivera y Garza (1995) no muestran diferencias con el uso de hasta 9% de harina de carne en la finalización de novillos Brahman, con dietas basadas en maíz y pollinaza. La falta de respuesta a la inclusión de harina de carne, sugiere que los animal usado en el estudio no se encontraban en la fase de

crecimiento rápido, (Zinn y Owens, 1993; Stanton, 1996), o que la dieta testigo no era deficiente en proteína para permitir observar una respuesta a la inclusión de la fuente proteica.

Stock y Klopfenstein (1979) reportan ganancias diarias de peso de 0.85 kg en novillos suplementados con una mezcla de urea y harina de carne. En dos experimentos (Stock et al., 1981) con bovinos en crecimiento utilizando urea y la combinación de urea con pasta de soya, harina de sangre y harina de carne, en niveles altos; indican que el consumo de MS (6.1 kg/d), y la conversión alimenticia fueron similares, pero la GDP mejoró (0.65 vs. 0.8 kg/día con la harina de carne-urea, y harina de sangre respectivamente) con la fuente de proteína suministrada. Otros estudios, (Coomer et al., 1993) con vaquillas y novillos alimentados con harina de soya, harina de soya calentada, gluten de maíz o una combinación de gluten de maíz con soya calentada, reportan GDP similares (1.2 kg)

CAPITULO III

HIPOTESIS

- 1.- El uso de fuentes proteicas con distinta tasa de degradación ruminal, modifica la digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica y proteína cruda en bovinos alimentados con dietas basadas en maíz y pollinaza.
- 2.- La degradación de la proteína afecta el pH y el nivel de $N-NH_3$ en el líquido ruminal.
- 3.- El volumen, la cinética de líquidos y la cinética de sólidos en el rumen se modifican por el uso de fuentes proteicas con distinta degradación ruminal.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la inclusión de fuentes proteicas con distinta degradación ruminal en la digestibilidad, la digestión ruminal, el volumen ruminal y la cinética de las fases sólida y líquida de la digesta en novillos alimentados con dietas altas en pollinaza.

CAPITULO IV

EXPERIMENTO I

DIGESTION EN NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON DIETAS DE MAIZ, POLLINAZA ADICIONADAS CON DIFERENTES FUENTES PROTEICAS.

Barrón, A. M. y Garza, F. J. D.

RESUMEN

Se formularon cuatro dietas con fuentes proteicas de diferente degradación ruminal, para determinar los cambios en el pH, la concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ ($[\text{NH}_3\text{-N}]$), la desaparición *in situ* de la materia seca (DERMS), la materia orgánica (DERMO); la DMS, la DMO y la DPC. Se utilizaron cuatro novillos Brahman (356.8 ± 12.3 kg); de acuerdo a un diseño en Cuadrado Latino 4×4 , con parcela dividida. Los animales fueron alimentados individualmente al 2.3% del peso vivo durante 48 días y distribuidos aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos: T1 (urea-pollinaza; alta degradación ruminal), T2 (pasta de soya; alta degradación ruminal), T3 (harina de carne y hueso; degradación ruminal media), y T4 (harina de pescado; baja degradación ruminal). Durante los primeros 5 días de cada periodo, los animales se adaptaron a las dietas experimentales; y en los últimos 7 días se dosificó óxido de cromo, se incubaron bolsas de dacrón y se colectaron muestras (de heces y de líquido ruminal). El pH en el líquido ruminal no varió entre tratamientos (6.3; $P=0.5$), pero se detectaron diferencias en el tiempo posprandial (6.7, 6.3 y 6.0; para 0, 6 y 12 h; $P<0.0001$). La $[\text{NH}_3\text{-N}]$ en el líquido ruminal se modificó ($P<0.01$) entre tratamientos y en las horas posprandiales ($P<0.0001$). La desaparición *in situ* de la MS y de la MO fue diferente (63.98, 64.04, 37.80 y 19.77%; 58.4, 61.1, 52.7 y 21.2%; para pollinaza, pasta de soya, harina de carne y harina de pescado respectivamente; $P<0.0001$) entre tratamientos y entre horas posprandiales ($P<0.0001$). La fracción potencialmente digestible de la MO en el rumen fue diferente ($P<0.0001$) entre tratamientos. No se detectaron cambios en la DMS (62.5%; $P=0.86$), la DMO (65.9%; $P=0.83$) y la DPC (55.8%; $P=0.8$), en los distintos tratamientos. Los resultados indican que la inclusión de fuentes proteicas a dietas basadas en pollinaza y grano, afecta la utilización del nitrógeno en el rumen; sin alterar la digestibilidad en el tubo digestivo total.

INTRODUCCION

La digestibilidad de una dieta es influenciada por diversos factores. En dietas basadas en forrajes se identifica una depresión en la digestibilidad asociada con el contenido de paredes celulares digestibles (Fahey y Berger, 1988). Diferencias en digestibilidad se han encontrado con la utilización de distintas fuentes de proteína; el tratamiento térmico disminuye ligeramente la digestibilidad aparente de la dieta conteniendo pasta de soya (65 vs. 63.3%), pero es mejor que la digestibilidad observada para el gluten de maíz (57.6%) o una mezcla (57.0%) con gluten de maíz-pasta de soya tratada (Coomer et al., 1993). La digestibilidad aparente de la materia seca (DMS) y la digestibilidad aparente de la materia orgánica (DMO), no se afectó por la utilización de una mezcla de harina de pluma hidrolizada con harina de sangre (Cunningham et al., 1994); pero se observó que a medida que se incrementó la proteína aportada por la mezcla, la DMS disminuyó (60.1, 53.6, 48.2 y 55%; para la dieta testigo, 2.0, 4.1 y 6.1%, respectivamente); de la misma manera que la DMO (61.2, 55.1, 49.4 y 55.9; para la dieta testigo, 2.0, 4.1, y 6.1% respectivamente).

Existen ventajas de incluir pollinaza como ingrediente en la dieta de bovinos de engorda (Huitrón y Zorrilla, 1980; Magaña y Rodríguez, 1986, 1988, 1991). Por lo que las excretas animales tienen mayor valor como insumo para alimentación a rumiantes que como abonos para los cultivos

(Bhattacharya y Taylor, 1975), utilizándose una gran combinación de practicas para mejorar su calidad o su manejo (Smith y Wheeler, 1979). Existen reportes que justifican su utilización considerando la respuesta animal (El-Sabban, et al., 1970; Fontenot y Webb, 1975; Oltjen y Dinius, 1976; Keys y Smith, 1981; Fontenot et al., 1983; Dos Santos y Gómez, 1987; Arave and Dobson, 1992; Ayangbile et al., 1993) y su utilidad como alimento para el ganado (Kodandarami y Reddy, 1989; Arave and Dobson, 1992). Se ha demostrado que la concentración de minerales no constituyen un factor de riesgo, para los bovinos. Sin embargo los pequeños ruminantes (específicamente ovinos) se pueden ver afectados (Fontenot et al., 1971; Fontenot y Webb Jr., 1975; Fontenot et al., 1983; Moguel et al., 1995). Pero cuando se administra como único suplemento y el aporte de forraje es limitado puede propiciar toxicidad, como lo han reportado Silanikove y Tiomkin (1992) en vacas lecheras. Con estos antecedentes, es necesario generar información básica para complementar adecuadamente las dietas basadas en pollinaza, como principal fuente de nitrógeno. La utilización de pollinaza en niveles de hasta el 30% de inclusión en el concentrado no afectó la tasa de crecimiento ni la DMS, la DMO, la digestibilidad de la fibra cruda, la digestibilidad del extracto etéreo o el extracto libre de nitrógeno; pero modificó la DPC (Srinivas, et al. 1989).

Con la utilización de una técnica para medir la degradación ruminal de la proteína, realizando incubación de

muestras de los alimentos en bolsas de dacrón se obtiene en forma indirecta una estimación de la fracción de la proteína que no se degrada en el rumen. Además que las evaluaciones *in vivo* se prefieren a las *in vitro* (Mehrez y Orskov, 1977), ya que con ellas se utilizan las condiciones propias del ambiente ruminal, aunque las condiciones experimentales sean mas variables que las *in vitro*. Lo anterior cobra importancia debido a que la fracción proteica degradable en el rumen varia con la naturaleza de los ingredientes usados para la alimentación y la calidad de estos cambia en función de el origen, así como el grado de procesamiento (Schingoethe, S/F). De acuerdo a estos antecedentes, la identificación de ingredientes proteicos resistentes a la fermentación ruminal es de importancia en la nutrición de rumiantes (Barcena, 1994). La identificación de tales ingredientes debe orientarse hacia la complementación de las dietas, ya que la cantidad de proteína de sobrepaso para obtener un buen comportamiento se debe ajustar de acuerdo con el tipo de animal, el tipo de dieta y el manejo del ganado en general.

OBJETIVO

Comparar el efecto de la adición de cuatro fuentes proteicas con baja degradación ruminal (harina de pescado), mediana degradación ruminal (harina de carne y hueso) y alta degradación ruminal (urea y pasta de soya) en el pH, la concentración de nitrógeno amoniacal ($[N-NH_3]$), la degradación *in situ* y la digestibilidad aparente de la materia seca, de la materia orgánica y la proteína cruda en novillos Brahman alimentados con una dieta basada en grano y pollinaza.

MATERIAL Y METODOS

Localización

Los estudios se realizaron en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIFyMA), del INIFAP-SAGAR, localizado en el Km 1.5 de la carretera a Colón, municipio de Colón, estado de Querétaro, a 1950 msnm que cuenta con un clima semiseco templado, con lluvias en verano y precipitación pluvial anual de 500 a 600 mm y con una temperatura media anual de 16 C (Soria et al., 1970).

Animales

Se utilizaron 4 novillos de la raza Brahman (356.8 ± 12.3 kg de peso vivo inicial) equipados con cánulas ruminales (10 cm DI).

Al inicio del experimento, todos los animales fueron pesados, vitaminados (ADEK, Aderovet), vacunados (Bacterina triple: Clostridium chauvoey, Clostridium septicum, y Pasteurella multocida), y desparasitados interna (Ripercol) y externamente (Butox). Posteriormente se alojaron en corrales individuales de 2.3x5.4 m² con piso de tierra con comedero y bebedero individual.

Alimentación

Se prepararon cuatro raciones experimentales, las cuales se calcularon isoenergéticas e isoprotéicas de acuerdo con los análisis bromatológicos de los ingredientes

utilizados (Cuadro 1). Los animales recibieron una de las raciones (Cuadro 2), las que se suministraban diariamente a las 0800. Se utilizó rastrojo de sorgo como fuente única de forraje en cantidades similares (22.6% BS) en todos los tratamientos. El rastrojo fue picado a una pulgada e integrado a la dieta. El consumo de materia seca se registró diariamente pesando el alimento ofrecido y el rechazado, para calcular el consumo diario con base en el peso corporal del animal (Cuadro A 4). La base para el ajuste en el consumo diario de materia seca fue el mismo consumo observado por los animales durante el periodo previo (adaptación) al experimento donde consumieron las mismas dietas experimentales.

Cuadro 1. Composición bromatológica (%) de los ingredientes (Base seca).

INGREDIENTE	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	CENIZAS
RASTROJO DE SORGO	93.1	2.6	13.9
MAIZ BLANCO	89.3	8.6	1.6
POLLINAZA ^a	90.4	33.2	16.6
PASTA DE SOYA	91.9	47.7	7.0
HARINA DE CARNE	93.9	45.9	36.1
HARINA DE PESCADO	93.0	58.2	24.7

^a La pollinaza procedía de una nave de engorda con piso de cemento y su composición es semejante a la utilizada en otros estudios (Basurto, 1995; Maldonado, 1996).

Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales (% en base seca)

INGREDIENTE	UREA	PASTA DE SOYA	HARINA DE CARNE	HARINA DE PESCADO
MAIZ	49.3	45.5	45.5	45.3
POLLINAZA	20.7	20.7	20.6	19.7
R. DE SORGO	22.6	22.6	22.6	22.6
MELAZA	5.1	5.1	5.1	5.1
CaCO ₃	0.9	1.0	0.9	1.0
SAL	0.6	0.6	0.6	0.6
UREA	0.8	0.0	0.0	0.0
PASTA SOYA	0.0	4.6	0.0	0.0
H. CARNE	0.0	0.0	4.7	0.0
H. PESCADO	0.0	0.0	0.0	5.7
ANALISIS CALCULADO:				
MS (%)	88.68	88.64	88.77	88.69
PC (%)	14.38	13.88	13.84	14.67
ENm (Mcal/kg)	1.75	1.77	1.75	1.76
ENg (Mcal/kg)	1.13	1.14	1.13	1.14
Ca (%)	1.19	1.22	1.67	1.43
P (%)	0.59	0.61	0.84	0.72

De acuerdo a los análisis de las dietas en el laboratorio se determinó el consumo de MS, MO y PC (AOAC,

1990). El análisis calculado presentado en el Cuadro 2 corresponde a la base de datos utilizada en el programa con que se diseñaron las raciones. La composición de los ingredientes en la base de datos es el resultado de los distintos análisis realizados en el laboratorio del CENIFyMA.

Colección de muestras

El experimento tuvo una duración de 48 días, con 4 periodos de 12 días cada uno. Los primeros 5 días de cada periodo experimental se utilizaron para adaptar a los animales a las dietas y a los corrales. En los siguientes 7 días del periodo experimental, se realizó la dosificación de Cr_2O_3 , incubación de bolsas y la colección de muestras de acuerdo al programa de trabajo diseñado (Cuadro 3). El horario de alimentación sirvió como referencia para todas las actividades de dosificación y colección de muestras.

Determinaciones en líquido ruminal

Para determinar la concentración de nitrógeno amoniacal y pH ruminal, se colectaron (0800, 1400 y 2000 horas) muestras de líquido ruminal directamente del rumen los días 10, 11 y 12 de cada periodo experimental (Cuadro 3), utilizando una sonda provista con un filtro metálico y conectada a un dispositivo manual de vacío. El pH se registró en un potenciómetro (Conductronic PH20, Puebla, Mex.) inmediatamente después de coleccionar la muestra. La

concentración de nitrógeno amoniacal se determinó utilizando la técnica descrita por Broderick y Kang (1980).

Cuadro 3. Esquema de dosificación de Cr_2O_3 , colecta de muestras e incubación de bolsas de dacrón.

DIA	DOSIS Cr_2O_3	MUESTRAS DE HECES	MUESTRAS DE LIQUIDO RUMINAL	INCUBACION DE BOLSAS
6	*	-	-	-
7	*	-	-	-
8	*	-	-	-
9	*	-	-	*
10	*	*	*	*
11	*	*	*	*
12	*	*	*	*

* Horario de dosificación: 0800 y 2000. Colecta de muestras e incubación de bolsas de acuerdo con los horarios previstos.

Desaparición in situ y tasa de digestión.

Durante los días 9, 10, 11 y 12 de cada periodo experimental (Cuadro 3), se incubaron 10 ± 0.5 g de muestra de las distintas fuentes proteicas contenidas en bolsas de dacrón (11 X 23 cm.), de acuerdo a la técnica propuesta por Mehrez y Ørskov (1977). Las bolsas se colocaron por triplicado y se incubaron a distintos (0, 2, 4, 8, 12, 24, 48 y 72 horas) tiempos en el rumen del animal que consumia la misma fuente de proteína incubada. Para evitar flotación

y asegurar la acción bacteriana sobre el sustrato, las bolsas se sujetaron a un contrapeso de aproximadamente 0.5 kg colocado en el saco ventral del rumen . En cada animal se incubaron 21 bolsas por periodo. El orden de incubación fue inverso, iniciando por el tiempo mayor (72 h) y finalizando por el mas corto (2 h), para realizar el retiro de las bolsas en un solo paso. Al termino de la incubación en el rumen las bolsas con los residuos fueron sumergidas en un recipiente con agua a temperatura ambiente (para detener la acción bacteriana), posteriormente se lavaron en agua corriente, hasta que se eliminaron impurezas adheridas a las bolsas y el agua apareció clara, enseguida se colocaron en una estufa de aire forzado a 55 C para su secado. A las muestras y al residuo se les determinó materia seca y materia orgánica (Tejada, 1992).

La tasa de digestión de la MS y MO para las muestras de pollinaza, pasta de soya y harina de carne se calculó utilizando el procedimiento de modelos no lineales (Proc NLIN) del paquete estadístico SAS, con el método de Marquardt (Nocek y English, 1986; Lascano y Quiroz, 1990). Este procedimiento produce resultados similares a los que se obtienen con el modelo sugerido por McDonald (1981. Los parámetros iniciales se determinaron visualmente a partir de la gráfica de los datos observados; sin embargo la degradación de la harina de pescado no se ajustó a este modelo por lo que se analizó mediante la regresión lineal contra tiempo de incubación.

Digestibilidad aparente.

Para determinar la digestibilidad aparente de la materia seca (DMS), la digestibilidad aparente de la materia orgánica (DMO) y la digestibilidad aparente de la proteína cruda (DPC) de las dietas, todos los animales fueron dosificados (3.0 g/dosis) con Oxido de Cromo (Cr_2O_3) dos veces por día (0800 y 2000) vía cánula ruminal, a partir del día 6 hasta el día 12 de cada periodo experimental, de acuerdo al esquema propuesto (Cuadro 2). La dosis se colocó en el rumen sin retirar la tapa de la cánula, utilizando un dosificador. Durante los días 10, 11 y 12 de cada periodo experimental, se colectaron muestras (0800, 1400 y 2000) de heces directamente del recto. Todas las muestras colectadas se conservaron en refrigeración (3C); al finalizar cada uno de los periodos de muestreo se pesaron y se secaron en estufa de aire forzado a 55 ± 3 C de temperatura; se procesaron en un molino Willey utilizando la criba de 2 mm. De las muestras procesadas en seco se elaboró una muestra compuesta por animal y por periodo de muestreo para determinar su concentración de cromo (Fenton y Fenton, 1979); contenido de materia seca, materia orgánica y proteína cruda (Tejada, 1992). Las lecturas de la concentración de Cr_2O_3 se registraron en un espectrofotómetro (Spectronic 20D). Para el cálculo de la DMS, de la DMO y de la DPC, se utilizo la ecuación descrita por Galyean (1984).

Análisis estadístico

Los datos generados en el estudio, fueron analizados de acuerdo a un diseño experimental de Cuadro Latino 4x4 (Steel y Torrie, 1980). Utilizando el modelo siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + E_{ij}$$

donde $i = 1 \dots 4$; $j = 1 \dots 4$; $t = 1 \dots 4$

Y_{ijk} = Variable de respuesta (DMS, DMO, DPC y tasa de digestión *in situ*) para el k-ésimo tratamiento en el i-ésimo animal y el j-ésimo periodo.

μ = Media general.

A_i = Efecto del i-ésimo animal (columna).

P_j = Efecto del j-ésimo periodo (hilera).

T_k = Efecto del k-ésimo tratamiento.

E_{ijk} = error aleatorio.

En el caso de las variables donde se realizaron mediciones a diferentes tiempos como el pH, la $[NH_3-N]$, la desaparición *in situ* de la materia seca (DERMS) y la desaparición *in situ* de la materia orgánica (DERMO) se utilizó un arreglo en parcela dividida. El término de error para la parcela grande (tratamiento) fue la interacción tratamiento*animal*periodo. El término de error para la parcela chica (tiempo) y las interacciones periodo*tiempo y animal*tiempo, fue el error experimental; de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + T_k + A*P*T_{ijk} + H_l + P*H_{jl} + A*H_{il} + E(ikjl)$$

Donde: $i = 1 \dots 4$; $j = 1 \dots 4$; $k = 1 \dots 4$; $l = 1 \dots n$

Y: variable de respuesta.

μ : media general.

A_i : efecto del i -ésimo animal.

P_j : efecto del j -ésimo periodo

T_k : Efecto del k -ésimo tratamiento.

$A*P*T_{ijk}$: Error de la parcela grande (tratamiento).

H_l : Efecto del l -ésimo tiempo de muestreo.

$P*H_{jl}$: Interacción del j -ésimo periodo y l -ésimo tiempo de muestreo.

$A*H_{il}$: Interacción del i -ésimo animal y l -ésimo tiempo de muestreo.

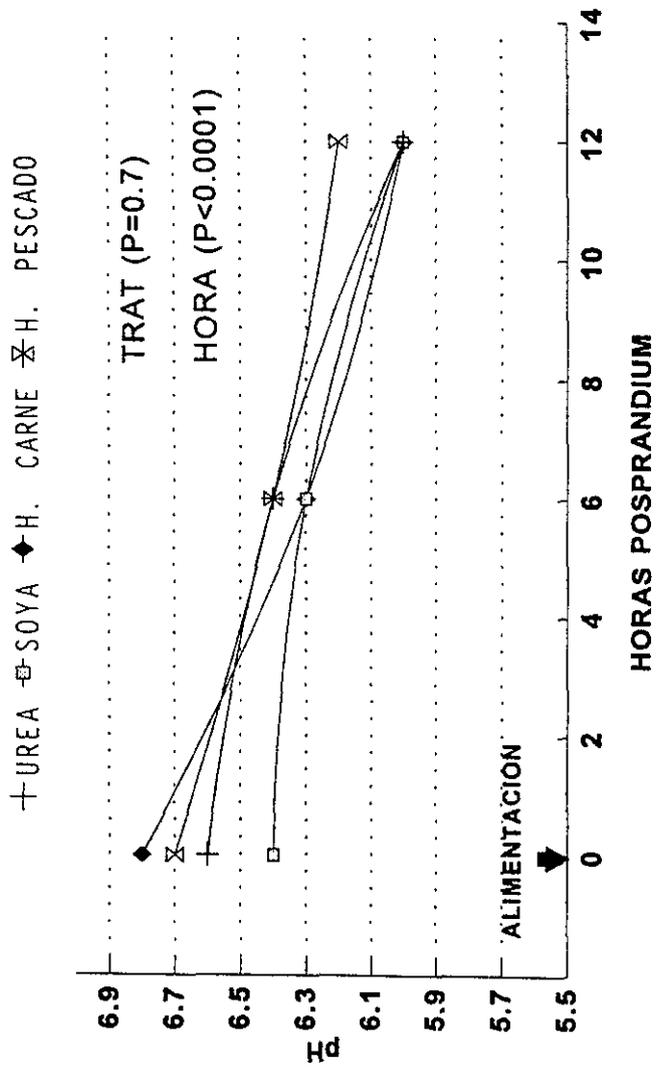
$E(ijk)l$: Error aleatorio.

Donde se encontraron diferencias se realizaron contrastes ortogonales, comparando los tratamientos con nitrógeno altamente soluble (urea y pasta de soya) vs los que contenían nitrógeno menos soluble (harina de carne y hueso y harina de pescado). Comparando también entre si a urea vs pasta de soya y harina de carne y hueso vs harina de pescado.

Resultados y discusión

En el Cuadro A 3 (Apéndice) se presentan los datos de consumo de alimento. El consumo de materia seca en función del peso corporal fue de 1.86 % siendo similar para todos los tratamientos ($P=0.2$).

El pH en el líquido ruminal, no fue diferente ($P=0.75$) entre tratamientos (6.30, 6.36, 6.36, y 6.42 para la urea, la pasta de soya, la harina de carne y hueso y la harina de pescado, respectivamente). Sin embargo los valores fueron diferentes ($P<0.0001$) durante el tiempo posprandial, indicando que los cambios que tienen lugar en el rumen son similares, independientemente de la fuente proteica utilizada. El pH preprandial fue 6.70 (registrado a las 0800), disminuyendo posprandialmente (6.34 y 6.04, a las 6 y 12 h posprandium), (Cuadro A 5, Gráfica 1). El pH ruminal es el resultado de la interacción de las bacterias ruminales productoras de H_2 y las especies que lo utilizan como sustrato, esto tiene su efecto sobre la fermentación ruminal, actuando como regulador de la actividad fermentativa (Yokoyama y Johnson, 1988). Los cambios a lo largo del día indican que los animales consumían porciones de alimento a través del día, lo que podría explicar la disminución del pH. Esto es similar a lo reportado por Flores et al. (1995), al ofrecer pollinaza en polvo o en pastilla. Los valores mayores en el pH, observados en el estudio de Flores, difieren de los obtenidos en el presente experimento, posiblemente debido a una mayor actividad de

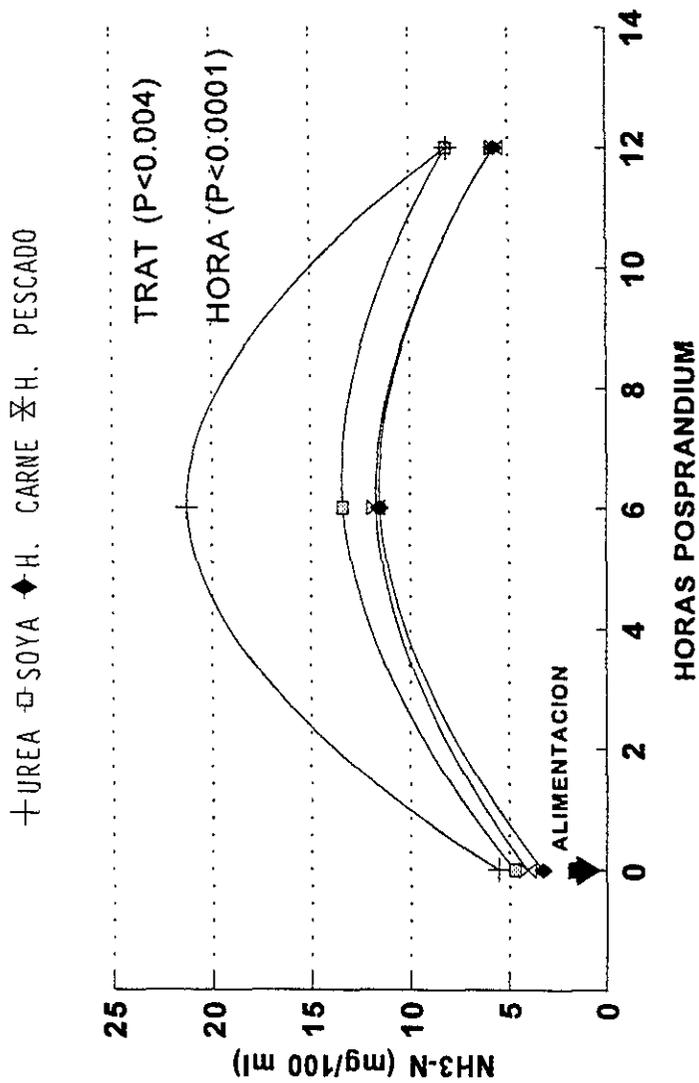


GRAFICA 1. pH DE LIQUIDO RUMINAL EN NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON DIETAS BASADAS EN MAIZ, POLLINAZA Y FUENTES PROTEICAS (EXPERIMENTO 1).

rumia ocasionada por la mayor proporción (75%) de forraje en el alimento, lo que provocó un efecto amortiguador de la saliva.

La concentración de nitrógeno amoniacal ($[\text{NH}_3\text{-N}]$) fue diferente ($P < 0.004$) entre las fuentes proteicas utilizadas. Las fuentes solubles (urea y pasta de soya) fueron diferentes ($P < 0.0005$) de las menos solubles (harina de carne y hueso y harina de pescado); también se observó diferencia ($P < 0.01$) entre la $[\text{NH}_3\text{-N}]$ para urea y pasta de soya. Sin embargo las fuentes menos solubles (harina de carne y hueso vs harina de pescado) no variaron ($P = 0.74$). La $[\text{NH}_3\text{-N}]$ a través del día fue diferente (4.37, 14.47, y 9.92 mg/100 ml a las 0, 6 y 12h posalimentación; $P < 0.0001$; Gráfica 2, Cuadro A 5). A pesar de que todas las raciones experimentales contenían la misma proporción de pollinaza, se observó una menor concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el líquido ruminal al adicionar ingredientes de menor degradación en las dietas. Lo que sugiere una mejor utilización del nitrógeno por los microbios ruminales, como consecuencia de la inclusión de la proteína de baja degradación en el rumen (Howes, 1997). Se ha demostrado (Maeng y Baldwin, 1976; McAllan y Smith, 1983) que existe un requerimiento de proteína verdadera para los microbios ruminales.

La degradación de la materia orgánica ruminal ha sido variable a la inclusión de niveles de carbohidratos y nitrógeno; sin embargo se ha encontrado (Hoover y Stokes, 1990) que la respuesta es influenciada por las tasas de

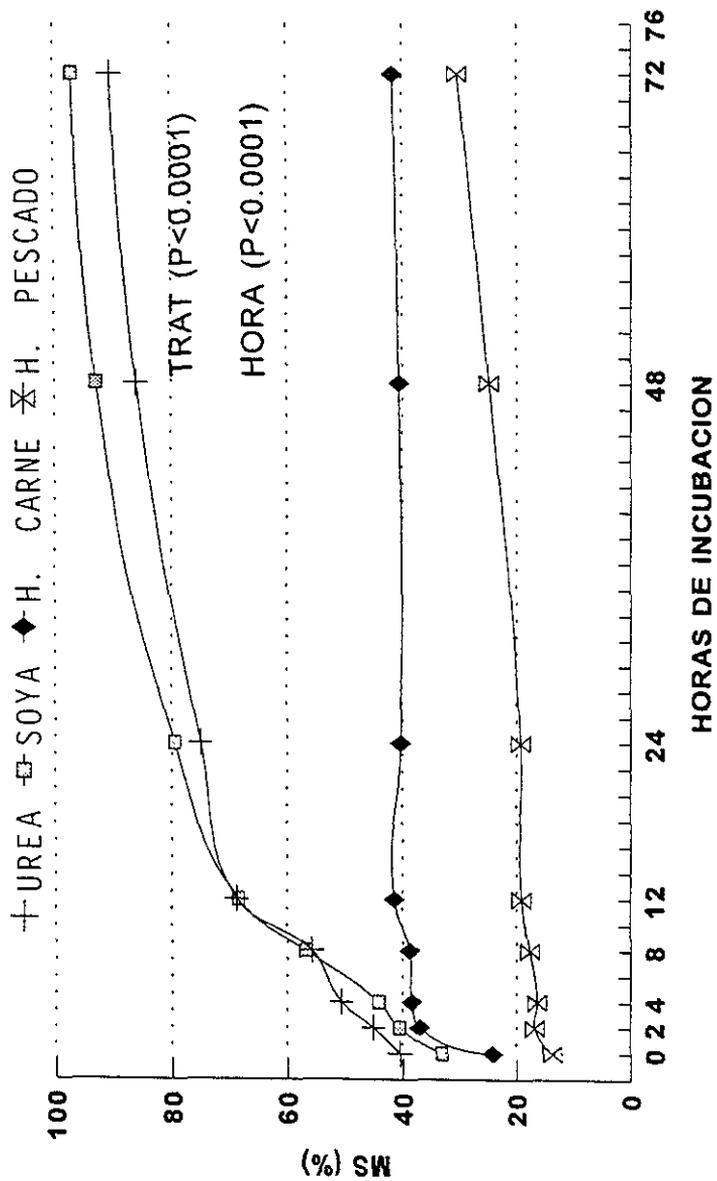


GRAFICA 2. CONCENTRACION DE NH₃-N EN LIQUIDO RUMINAL DE NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE MAIZ, POLLINAZA Y FUENTES PROTEICAS (EXPERIMENTO 1).

degradación de las fuentes, así como por factores fisiológicos, como el tono de la pared ruminal, el pH, la permeabilidad de la pared del rumen, y la osmolaridad del líquido ruminal, entre otros.

La degradación de la proteína esta relacionada con la cantidad de proteína que potencialmente puede ser aprovechada en el intestino delgado. Las fuentes proteicas de baja degradación ruminal permiten que una mayor cantidad de proteína llegue al abomaso, para ser transformada a péptidos y amino ácidos por las enzimas y pueda ser absorbida en el duodeno.

La desaparición ruminal de la materia seca (DERMS) fue diferente entre las fuentes proteicas y las horas de incubación evaluadas ($P < 0.0001$). La pollinaza y la pasta de soya, tuvieron diferente degradación ruminal comparadas contra la harina de carne y la harina de pescado. Sin embargo, la DERMS en la pollinaza y la pasta de soya fue similar (90.3 vs 96.8%; $P = 0.92$), mientras que la harina de carne fue diferente a la harina de pescado (41.6 vs 30.4%; $P < 0.0001$); y ambas fueron diferentes ($P < 0.0001$) a la pollinaza y pasta de soya (Gráfica 3, Cuadro A 6). La diferencia en horas indica que la DERMS es mayor a medida que se incrementa el tiempo de exposición del alimento al ambiente ruminal. Después de las 48 horas la DERMS es menor que en las primeras horas de exposición, para la pollinaza y pasta de soya; en tanto que para las harinas de carne y pescado, a partir de las 12 horas la desaparición es



GRAFICA 3. DESAPARICION in situ. DE LA MATERIA SECA DE FUENTES
 PROTEICAS A DIFERENTES TIEMPOS DE INCUBACION.

reducida (Gráfica 3, Cuadro A 6). La pasta de soya es un ingrediente ampliamente estudiado; Varga y Hoover (1983) reportan una degradación ruminal similar (78.0 vs 79.5%) a la encontrada en este estudio, en muestras de pasta de soya incubadas en el rumen durante 24 h. Sin embargo otros estudios (de Boer et al., 1987), empleando el mismo tiempo de incubación ruminal, indican mayores valores de degradación para la pasta de soya (91.3%), la harina de pescado (31.5%), y la harina de carne (52.3%) en vacas lecheras. Estos resultados contrastan con los obtenidos en el presente estudio, posiblemente debido a variaciones en el tipo de animal, tipo de dieta y el sistema de alimentación.

El tipo de dieta es uno de los factores que influye en la degradación ruminal. Estudios de Zinn y Owens (1983) indican que la degradación ruminal de pasta de soya y harina de carne durante las primeras 20 horas de incubación es de 70.1 y 7.1%, en animales consumiendo una dieta alta en concentrado. Al cambiar a una dieta alta en forraje la degradación se incrementa a 100 y 14.0%. Estos cambios modifican la población bacteriana ruminal, y consecuentemente se afecta la tasa de degradación. Se ha reportado (Stern y Satter, 1982) que la solubilidad de la proteína es un predictor impreciso de la extensión de la degradación ruminal a través de una gama de dietas y condiciones de alimentación; sin embargo demuestra su utilidad como un índice de escape (Owens y Zinn, 1988).

Estudios de Loerch et al. (1982) señalan que la pasta de soya aporta menores cantidades de proteína (28.7%), que escapa la degradación en el rumen, en comparación con las cantidades que proporcionan la harina de carne y hueso (49.3%), y la harina de sangre (81.7%). La diferencia entre fuentes puede ser utilizada para elaborar alimentos que maximicen su conversión a productos animales vendibles, ya que la tasa y extensión de la degradación en el rumen es una característica propia de cada ingrediente (Varga y Hoover, 1983). Sin embargo, es conveniente que todos los subproductos utilizados en la elaboración de alimentos para el uso en animales se caractericen para conocer sus tasas de degradación, para emplearlos eficientemente.

El uso de métodos para evadir la degradación ruminal ha dado resultados variables; una fuente de pasta de soya se degrada hasta 40% en la primera hora de incubación en el rumen, mientras que pasta de soya de otro origen muestra menor degradación a este tiempo, pero a las 25 horas se igualan (Stern y Satter, 1982). La utilización de formaldehído para proteger de la degradación en el rumen a las fuentes de proteína ha logrado disminuir la degradación *in situ* de amino ácidos de la pasta de soya (Weakley et al., 1983a), el residuo tratado con 0.3% de formaldehído, tuvo 57.6% mas amino ácidos que el no tratado (429.5 vs 677mg/g). Pero el tratamiento no protege de manera similar a todas las fuentes.

La fracción inmediatamente soluble (A) de la materia seca fue diferente (40.76, 32.59, 24.32 y 2.73%) para la pollinaza, la pasta de soya, la harina de carne y hueso y la harina de pescado, respectivamente ($P < 0.0001$). Se detectaron diferencias entre las fuentes solubles y las menos solubles ($P < 0.0001$), y entre las fuentes de origen animal ($P < 0.0005$). Con respecto a la fracción de la materia seca que se degrada a una tasa dada (B) en el rumen (Cuadro 4), también se observó cambio ($P < 0.0001$) entre las proteínas (50.46, 66.93, 17.18 y 27.69%; para la pollinaza, la pasta de soya, la harina de carne y hueso y la harina de pescado, respectivamente); sin embargo las harinas de origen animal fueron similares ($P = 0.13$). La tasa de digestión (c) de la materia seca en la fracción B se modificó ($P < 0.001$; 5.1 y 5.8% vs 53.0 y 0.9% para la pollinaza y la pasta de soya vs la harina de carne y hueso y la harina de pescado, respectivamente); las tasas de digestión de la materia seca en la fracción B de la pollinaza y la pasta de soya fueron similares ($P = 0.9$). La fracción potencialmente degradable (A+B) varió ($P < 0.0001$) entre las distintas proteínas incubadas (Cuadro 4). Las diferencias en degradación de la fracción A y B, así como la fracción potencialmente degradable (A+B) son evidentes, lo que sugiere un distinto potencial de degradación entre las proteínas. Valores inferiores de la fracción inmediatamente soluble han sido reportados (Broderick, 1982; Cozzi y Polan, 1994) para la pasta de soya (11.0 y 6.47%, respectivamente), pero

Calsamiglia (1995) encontró un valor mayor (53.0%) al obtenido en el presente estudio. En la harina de carne y hueso se ha determinado que la fracción inmediatamente soluble es de 36% (Calsamiglia et al., 1995), sin embargo este valor es superior al observado en nuestro estudio. En contraste, para la harina de pescado se han reportado (Broderick, 1982) valores inferiores (22%) a los determinados por nosotros. En la fracción degradable a una tasa medible (B) de la materia seca se indica una alta variación, hasta 89%, Broderick (1982), Cozzi y Polan (1994), Calsamiglia et al., (1995). Lo que propicia resultados variables (84.5 hasta 100%) al calcular la degradación potencial de la materia seca para este ingrediente. Nuestros resultados son similares a los señalados por Broderick (1982) y por Cozzi y Polan (1994) para la degradación potencial de la pasta de soya (100 y 99%, respectivamente). La tasa de degradación (c) de la fracción B para la pasta de soya es similar a la indicada (6.47%/h) por Cozzi y Polan (1994); sin embargo en otros estudios (Broderick, 1982; Calsamiglia, 1995) se han encontrado valores mayores. La harina de carne y hueso y la harina de pescado han presentado tasas de degradación similares (1.1%/h), pero su contenido y composición proteica es diferente. En nuestro estudio los datos de la harina de pescado no se ajustaron a los modelos recomendados (MacDonald, 1981; Nocek y English, 1986) para la digestión *in situ*; sin embargo a pesar de estimar los parámetros con regresión lineal simple se

obtuvieron tasas aproximadas a las reportadas por Broderick (1982).

Cuadro 4. Parámetros calculados de degradación *in situ* de la materia seca (experimento 1).

TRATAMIENTOS	PARAMETROS		
	A	B	c
POLLINAZA	40.77	50.47	5.10
PASTA DE SOYA	32.60	66.94	5.88
HARINA DE CARNE Y HUESO	24.32	17.18	53.00
HARINA DE PESCADO ^a	2.73	27.69	0.91
EEM	2.90	4.54	7.22

A: Fracción rápidamente degradada (perdida por lavado).

B: Fracción degradada a una tasa gradual.

c: Tasa gradual de digestión (%/h) de la fracción B.

^a Los parámetros se obtuvieron por medio de regresión lineal, debido a que no se logró ajustar con el modelo no lineal.

EEM: Error estandar de la media.

La fracción rápidamente soluble (A) de la materia orgánica fue similar entre las fuentes proteicas (Cuadro 5). La fracción de la materia orgánica que se degrada a una tasa gradual (B) fue diferente ($P < 0.0001$) entre las fuentes proteicas (solubles vs menos solubles; 59.7 y 75.5% vs 16.7 y 22.3%; $P < 0.03$). La tasa de digestión (c) de la MO fue similar entre los diferentes sustratos ($P = 0.06$), a pesar de observarse diferencias numéricas (4.97, 5.54, 42.41 y

29.67%/h; para la pollinaza, la pasta de soya, la harina de carne y hueso y la harina de pescado, respectivamente; EEM=10.4).

Cuadro 5. Parámetros calculados de degradación *in situ* de la materia orgánica (experimento 1).

TRATAMIENTOS	PARAMETROS		
	A	B	c
POLLINAZA	31.33	59.70	4.97
PASTA DE SOYA	26.10	75.54	5.54
HARINA DE CARNE Y HUESO	38.20	16.78	42.41
HARINA DE PESCADO ^a	14.90	22.31	29.68
EEM	3.14	4.20	10.45

A: Fracción inmediatamente degradada (perdida por lavado).

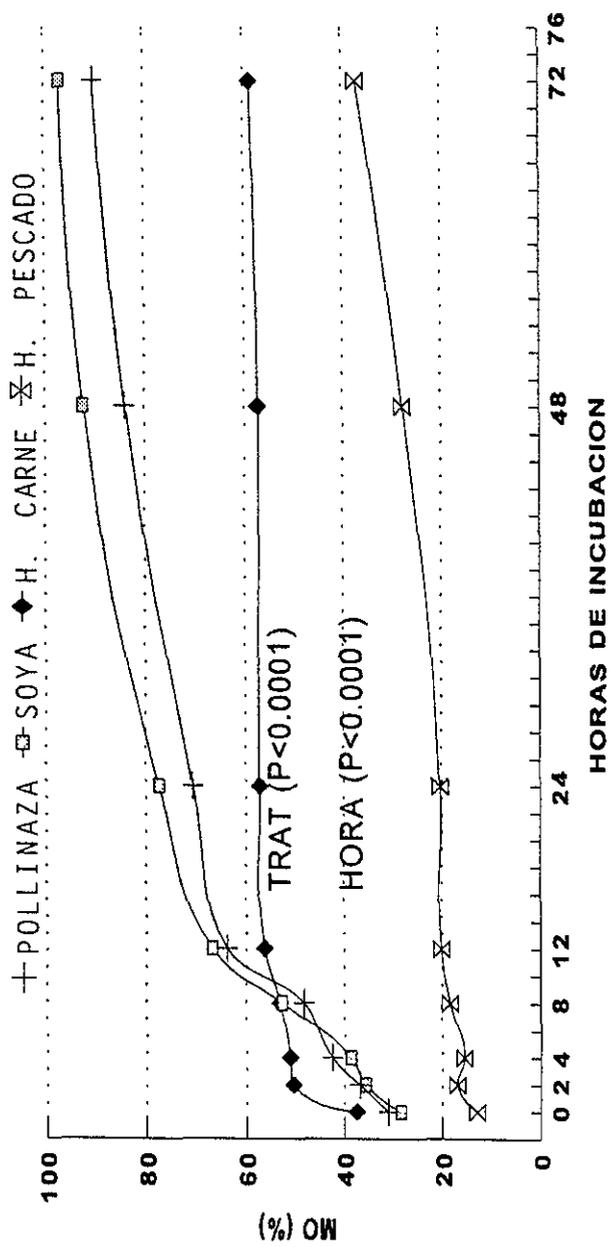
B: Fracción degradada a una tasa gradual.

c: Tasa gradual de digestión (%/h) de la fracción B.

^a Los parámetros se obtuvieron por medio de regresión lineal, debido a que no se obtuvo ajuste con el modelo no lineal.

EEM: Error estandar de la media.

La desaparición ruminal de la materia orgánica (DERMO) durante la incubación de la pollinaza y la pasta de soya fue de 90.1 y 96.9%, siendo similares (P=0.06); mientras que la harina de carne fue diferente (58.8% vs. 37.2%; P<0.0001) a la harina de pescado (Gráfica 4, Cuadro A 7). Los resultados resaltan las diferencias en la DERMO de las fuentes proteicas. La pollinaza y la pasta de soya se degradan de



GRAFICA 4. DESAPARICION in situ. DE LA MATERIA ORGANICA DE FUENTES PROTEICAS A DIFERENTES TIEMPOS DE INCUBACION.

manera similar (aproximadamente 90% a las 72 horas de incubación), así mismo se aprecia que a las 48 horas se ha logrado la DERMO de la mayor parte del sustrato; en tanto que con la harina de carne la degradación a las 72 h fue de 59%, y con la harina de pescado fue 37.2%. La degradación en el rumen puede estar influida por la tasa de pasaje y el tiempo de retención. Para las dietas de este estudio, el tiempo medio de retención fue de 32 h (30.9, 29.5, 39.4 y 32.12 h; Urea, Pasta de soya, Harina de carne y Harina de pescado, respectivamente). La proporción de MO que no se degradada en el rumen (a partir de los datos del Cuadro A 6), utilizando los valores del tiempo medio de retención (estimados en el experimento 2), fue de 25.5% en la pollinaza (en el tratamiento con urea). En el tratamiento con pasta de soya este valor es menor (19.1%), indicando que su potencial de aporte de proteína de escape es reducido; en cambio con la harina de carne y hueso el valor calculado fue de 42.7% y con la harina de pescado de 77.1%.

La digestibilidad aparente total de la materia seca (DMS), la digestibilidad de la materia orgánica (DMO), y la digestibilidad de la proteína cruda (DPC), no se afectó en los distintos tratamientos, (62.6; 65.8, 55.9%; Cuadro 6). Estos valores son superiores a los reportados por Brosh, et al. (1993a) para vacas antes (53.6, 57.63 y 55.9%) y después (53.1, 48.1 y 44.5%) del parto, determinada en fracciones similares de la dieta. Pero estudios realizados por los

CUADRO 6. DIGESTIBILIDAD APARENTE DE DIETAS CONTENIENDO POLLINAZA Y DIFERENTES FUENTES PROTEICAS, MEDIDA CON COLECCION PARCIAL DE HECES (EXPERIMENTO 1).

VARIABLE	TRATAMIENTOS					EEM
	UREA	PASTA DE SOYA	HARINA CARNE	HARINA PESCADO	MEDIA ¹	
PESO (kg)	367.75	358.75	368.50	365.00	365.00	3.8324
CONSUMO (kg)	6.74	6.76	7.45	6.97	6.98	0.1243
DMS ² (%)	62.46	63.22	63.08	61.47	62.56	1.6156
DMO ² (%)	65.59	65.81	66.68	67.65	65.89	1.4833
DPC ² (%)	57.25	54.58	55.63	56.00	55.87	2.1278

1 Medias de cuadrados mínimos (n= 4).

2 DMS: DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA, DMO: DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA ORGANICA, DPC: DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PROTEINA CRUDA.

mismos autores aplicando las mismas dietas indican que la digestibilidad se mejora en becerros (Brosh et al., 1993). La DMS y la DMO en este estudio superan a la reportada por Cunningham et al. (1994), quienes utilizaron vacas lecheras adultas (48.2 a 60.1%, materia seca; 49.4 a 61.2, materia orgánica), alimentadas con dietas conteniendo una mezcla de harina de pluma hidrolizada con harina de sangre: pero son similares a los señalados por Arieli et al. (1991). En novillos Simmental consumiendo soya (11.5%), Cecava et al. (1991) observaron una DMO de 78.3%, mientras que en ovinos se encontró una DMO de 77.1%, con un contenido de 18.1% de pasta de soya en la dieta (Cecava et al., 1990). Estudios realizados por Zinn y Owens (1983) con animales alimentados con pasta de soya, señalan que la DMO y la digestión aparente del nitrógeno fue de 80, y 77% respectivamente. Los mismos autores utilizando una dieta conteniendo harina de carne reportan 75 y 74% de DMO y DPC . Estos altos valores en digestibilidad, contrastan con los datos encontrados en este estudio, é incluso con los reportados por otros autores; posiblemente las diferencias se deben a que sus dietas no contenían pollinaza. La DMS y la DMO en estudios realizados por Maldonado y Garza (1996); utilizando dietas con niveles similares de pollinaza fueron ligeramente inferiores a los valores estimados en este estudio, sin embargo, los valores de digestión para la proteína fueron superiores. Estas diferencias pueden ser atribuidas al mayor contenido de grano utilizado en el experimento de

estos autores, lo que provocó una depresión en la digestibilidad de la materia seca y la materia orgánica. Sin embargo la mayor disponibilidad de energía a nivel ruminal, proveniente del grano, pudo contribuir a la mejor utilización del nitrógeno. Los coeficientes de digestibilidad determinados en muchos estudios de nutrición se refieren a la fracción de un alimento o dieta que desaparece durante el pasaje a través de todo el tubo digestivo, lo cual implica que el proceso de absorción también está involucrado en esta medición de valor nutritivo. El potencial de diferentes alimentos de apoyar funciones de mantenimiento y de producción animal es altamente variable y depende de su capacidad para aportar energía y nutrimentos esenciales a los animales que los consumen. Los coeficientes de digestibilidad por si solos son una limitada expresión de valor nutritivo, pero son un medio común de evaluar alimentos (Merchen, 1988).

La digestibilidad no reflejó cambios entre los tratamientos. Sin embargo, la degradación *in situ* mostró diferencias entre los tratamientos y entre los tiempos de incubación. De igual forma, las fluctuaciones ($p < 0.0001$) en la concentración del $\text{NH}_3\text{-N}$ y el pH a través del tiempo, sugieren un aporte de nitrógeno para los microbios ruminales que varía durante el día. Comparados con los novillos que consumieron urea, los animales alimentados con pasta de soya, harina de carne, y harina de pescado mostraron una reducción de 37%, 46% y 45%, en el $\text{NH}_3\text{-N}$ ruminal a las 6

horas posprandiales. Considerando que todos los tratamientos contenían proporciones similares de pollinaza, las diferencias que se aprecian en la concentración de este compuesto, sugieren una mejor utilización del nitrógeno de la dieta por los microbios ruminales. Por otra parte, el nivel de grano en las dietas fue similar, por lo que se puede asumir que el aporte energético no fue limitante; reafirmando la posible utilización del $\text{NH}_3\text{-N}$ por las bacterias (Howes. 1997). Por tanto la utilización del $\text{NH}_3\text{-N}$, tal vez, no fue limitada por el nivel energético; el cual, posiblemente, incrementó la síntesis de proteína bacteriana a partir del $\text{NH}_3\text{-N}$, a la vez que incrementó la cantidad de $\text{NH}_3\text{-N}$ retenido del fluido ruminal (NRC, 1984). Con estos datos, es probable que la digestibilidad ruminal de las diferentes fracciones del alimento se vea favorecida con la inclusión de fuentes de proteína verdadera. Por lo que en estudios posteriores se recomienda determinar la digestibilidad en distintos segmentos del tubo digestivo. De igual forma es necesario obtener información sobre el aporte de proteína microbiana al duodeno con este tipo de dietas; con el fin de contar con evidencias que apoyen nuestras observaciones. Se concluye que la inclusión de fuentes de proteína verdadera en las dietas a base de pollinaza y grano posiblemente afecta la utilización del nitrógeno en el rumen, sin alterar la digestibilidad total.

CAPITULO V

EXPERIMENTO II

CINETICA RUMINAL Y CARACTERISTICAS DE LA FERMENTACION DE LA DIETA DE NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON DIETA BASAL DE MAIZ, POLLINAZA Y FUENTES PROTEICAS

Barrón, A. M. y Garza, F. J. D.

RESUMEN

Para determinar los cambios en el pH, la concentración de nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$), la cinética ruminal de líquidos, y de sólidos, el volumen ruminal y la distribución de fracciones en el rumen, se formularon cuatro dietas con fuentes proteicas de diferente degradación ruminal. Se alimentaron cuatro novillos Brahman (346.3 ± 15.7 kg); de acuerdo a un diseño en Cuadro Latino 4×4 , con arreglo en parcela dividida para las mediciones que involucraron al tiempo. Los animales fueron alimentados individualmente al 2.3% del peso vivo durante 40 días y distribuidos aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos: T1 (Maíz pollinaza y urea, alta degradación ruminal), T2 (Maíz, pollinaza y pasta de soya, alta degradación ruminal), T3 (Maíz, pollinaza y harina de carne y hueso, media degradación ruminal), T4 (Maíz, pollinaza y harina de pescado, baja degradación ruminal). Durante los primeros 5 días de cada periodo, los animales se adaptaron a las dietas y en los últimos 5 días se aplicó una dosis (220 g) de fibra marcada con cromo, se dosificó Co-EDTA (quelato de ácido etilen diamino tetra acético con cobalto), y se colectaron muestras (de heces y de líquido ruminal). En el último día de cada periodo se realizó la evacuación del contenido ruminal. El pH en el líquido ruminal no varió ($P < 0.5$) entre tratamientos, pero si a través del tiempo (6.6, 6.6, 6.5, 6.3, 6.2, 6.0, 5.8 y 6.2; 0, 2, 4, 6, 8, 12, y 24, respectivamente $P < 0.0001$). La $[\text{NH}_3\text{-N}]$ fue diferente ($P < 0.01$) entre tratamientos (17.3, 14.0, 17.1 y 11.9; T1, T2, T3 y T4, respectivamente) y entre horas (5.9, 16.7, 16.7, 15.8, 14.4, 16.4, 13.0 y 8.2 mg/100 ml) posprandiales. No se detectaron diferencias para la tasa de dilución (9.6 %/h; $P = 0.9$), el volumen ruminal (44.3 l; $P = 0.4$), el tiempo de recambio (13 h; $P = 0.5$) y la tasa de flujo (3.7 l/h; $P = 0.5$); entre las distintas fuentes proteicas. De igual forma, la tasa de pasaje (3.83 %/h; $P = 0.5$), el tiempo de retención de sólidos en el rumen (33 h; $P = 0.9$) y el tiempo medio de retención total (51.5 h, $P = 0.8$) fueron similares entre tratamientos. El volumen determinado por evacuación ruminal directa fue menor (19.2 vs 44.33 l) al determinado con el marcador. Las diferencias encontradas en el pH y la concentración del $\text{NH}_3\text{-N}$ en el líquido ruminal indican que las fuentes proteicas evaluadas modifican la fermentación en el rumen, sin alterar la cinética y el volumen ruminal.

INTRODUCCION

El comportamiento animal, es una función del consumo de alimento y la digestión ruminal. Consecuentemente, el conocimiento acerca de la función del rumen y los factores que afectan la digestión y la tasa de pasaje de partículas de alimento y digesta líquida pueden ayudar a maximizar la utilización de los alimentos por los rumiantes (Garza, 1990). Los procesos digestivos que ocurren en el rumen son dinámicos y complejos; el sistema involucra múltiples estratos de digesta sólida y líquida que permanecen estrechamente asociados entre sí. Adicionalmente estos estratos están sujetos a diferentes tasas de flujo y pasaje a través del rumen. Estas diferencias pueden afectar de manera importante el flujo y eficiencia de utilización de nutrimentos. La utilización de marcadores hace posible la estimación del pasaje de la digesta a través del tubo digestivo (Uden *et al.*, 1978 y 1980; Ellis *et al.*, 1979; Teeter *et al.*, 1984; Pond *et al.*, 1985; Pond, *et al.*, 1989).

Los líquidos en el rumen están estrechamente asociados con los sólidos, sin embargo la cinética es diferente para cada fracción de la digesta (Owens y Goetsch, 1986; Bernal, 1989). Los estudios de tasa de pasaje de la digesta incluyen métodos directos e indirectos que pueden dar un estimado de estos parámetros. Un método que es raramente usado, hoy en día (pero que es probablemente el más preciso), es el único donde los animales son sacrificados y el contenido de cada porción del tubo gastrointestinal es

medido (Van Soest, 1982). Estudios realizados por Mäkela (1956) indican mediciones de la capacidad del tubo digestivo en toros jóvenes, con peso vivo promedio de 204 kg, mediante la técnica del sacrificio después de un periodo de 10 días de consumo a libertad de forraje. El contenido ruminal promedio en estos animales fue de 40 kg.

Los métodos indirectos son probablemente tan precisos como la técnica del sacrificio y establece su práctica y eficacia para determinar tasa de pasaje de la digesta. Requieren de sustancias de referencia (marcadores) que se asume simulan el pasaje de la digesta a través del tubo gastrointestinal. Después de una dosis pulso o bien de una infusión continua, se colectan muestras fecales y/o ruminales para determinar la concentración del indicador. La tasa de aparición en heces, o desaparición en rumen es calculada matematicamente a partir de la relación concentración del marcador vs. tiempo (Grovmum y Williams, 1973; Ellis et al., 1984). Es importante señalar que entre las características requeridas para clasificar una sustancia como buen marcador se encuentran: que sea inerte, que no se digiera, que no se absorba, que no se metabolice, que permanezca unido a la fracción que se pretende medir, que no altere las propiedades de la fracción marcada, que sea recuperable y se pueda analizar cuantitativamente (Bernal, 1989).

Entre los marcadores propuestos y utilizados como marcadores de pasaje de líquidos están los quelatos con EDTA

(ácido etilen diamino tetracético) de cobalto y cromo. Estos quelatos pueden ser razonablemente inertes y moverse libremente en el espacio ocupado por la digesta dentro del rumen, pero unidos a la fracción de interés (Uden et al., 1978, 1980). Estos mismos autores evaluaron los quelatos EDTA de cobalto y cromo en un estudio de marcador múltiple y propusieron estos dos indicadores de líquidos como un buen remplazo al marcador de esta fase comúnmente usado, anteriormente (Polietilenglicol de alta densidad).

Los marcadores de partículas de mas reciente introducción incluyen los mordantados de cromo y tierras raras (Uden et al., 1980). El mordantado del cromo a las paredes celulares es usado en los estudios recientes de pasaje debido a su facilidad de preparación y relativa facilidad para su análisis (Colucci, 1984). Estos complejos son estables en el rumen y son insolubles aún bajo condiciones ruminales (Uden, et al., 1980). El grado de unión del cromo a las paredes celulares, las hace completamente indigestibles, lo cual es una característica de un buen marcador de partículas, sin embargo tiene como desventaja que incrementa la densidad específica de el material y puede salir del rumen en una manera diferente a la fracción de alimento que representa (Ehle, 1984).

Una de las limitantes con el uso de marcadores es la dificultad en obtener un buen mezclado con el contenido ruminal; independientemente de utilizar una dosificación directa en el alimento o en el rumen a través de la cánula.

La mayoría de los modelos matemáticos para analizar los datos de pasaje asumen un mezclado instantáneo y completo del marcador con la digesta (Grofum y Williams, 1973).

La cinética de las diversas fracciones que componen la digesta es de gran importancia ya que en función de esta característica la cantidad de nutrimentos que escapan a la degradación ruminal va a ser modificada (Robinson et al., 1991). La tasa de pasaje es determinante en la degradación proteica ruminal; ya que con tasas de recambio altas (7.5%/h) se tienen estimados de escape superiores (28 y 35%, soya y harina de gluten de maíz, respectivamente) que con tasas bajas (5%/h) donde la estimación de escape disminuyó (17 y 29% respectivamente) para los mismos ingredientes (Robinson et al., 1991).

OBJETIVO

Evaluar la concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ y el pH en el líquido ruminal, la tasa de dilución, la tasa de pasaje ruminal y el volumen ruminal en novillos Brahman alimentados con dietas basadas en maíz, pollinaza y fuentes proteicas (urea, pasta de soya, harina de carne y harina de pescado) de diferente degradación en el rumen.

MATERIAL Y METODOS

Localización

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIFyMA), del INIFAP-SAGAR, localizado en el Km 1.5 de la carretera a Colón, municipio de Colón, estado de Querétaro, a 1950 msnm que cuenta con un clima semiseco templado, con lluvias en verano y precipitación pluvial anual de 500 a 600 mm y temperatura media anual de 16 C (Soria et al., 1970).

Animales

Se utilizaron 4 novillos de la raza Brahman (346.3 ± 15.7 kg peso vivo inicial) equipados con cánulas ruminales (10 cm DI).

Al iniciar el experimento, todos los animales fueron pesados, vitaminados (ADEK, Aderovet), vacunados (Bacterina triple: Clostridium chauvoey, Clostridium septicum, y Pasteurella multocida), y desparasitados interna (Ripercol) y externamente (Butox). Posteriormente se alojaron en corrales individuales de 2.3x5.4 m² con piso de tierra con comedero y bebedero individual.

Alimentación

Los animales fueron alimentados una vez al día (0800) con una de cuatro raciones experimentales (mismas dietas del

experimento 1, Cuadro 2). Todas las dietas se calcularon isoenergéticas e isoprotéicas, ajustándose de acuerdo con los análisis de los ingredientes con los que fueron elaboradas (Cuadro 1). Se utilizó rastrojo de sorgo con partículas de una pulgada e integrado a la dieta, como fuente única de forraje en cantidades similares (22.6% BS) en todos los tratamientos.

El consumo de materia seca se registró diariamente pesando el alimento ofrecido y el rechazado. Todas las raciones fueron restringidas a un 76.7% del consumo sugerido por el NRC (1984) para animales de pesos similares. La base para la restricción fue el consumo observado durante el periodo de adaptación consumiendo las dietas experimentales; de esta forma cada animal tuvo una oferta diaria de materia seca del 2.3% de su peso corporal, al inicio de cada periodo experimental.

El consumo de agua se midió durante el experimento, registrando diariamente la cantidad de agua que se agregó al bebedero. Al termino de cada periodo se midió el rechazo, obteniendo por diferencia el consumo de agua total.

Determinación de pH y NH₃-N en el líquido ruminal

Para registrar el pH y la concentración de NH₃-N en el líquido ruminal se colectaron muestras de líquido ruminal, directamente del rumen, los días 9 y 10 de cada periodo experimental (Cuadro 7) a las 0800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 y 0800 horas (que corresponde a 0, 2, 4, 6, 8,

10, 12 y 24 horas posalimentación). El pH se registró inmediatamente después de coleccionar la muestra. Las muestras de líquido ruminal se mantuvieron en congelación (-15 C) hasta el momento de determinar el NH₃-N. Para el análisis de la [NH₃-N] se utilizó la técnica descrita por Broderick y Kang (1980).

Cuadro 7. Esquema de dosificación de marcadores para determinación de cinética ruminal y colecta de muestras.

DIA	DOSIS FIBRA ¹ MARCADA	MUESTRAS DE HECES	DOSIS DE Co-EDTA	MUESTRAS DE LIQUIDO RUMINAL
6	*	*	-	-
7	-	*	-	-
8	-	*	-	-
9	-	*	*	*
10	-	*	-	*

¹ Se preparó rastrojo de sorgo con características similares a las del rastrojo incluido en la dieta.

* Los marcadores se administraron a las 0800 en los días señalados, y las muestras se coleccionaron conforme a lo descrito.

Cinética de líquidos

Se preparó una solución de Co-EDTA, de acuerdo con lo descrito por Uden et al., (1978), para estimar el volumen ruminal y la tasa de pasaje de líquidos. Se utilizó una dosis (100 ml de Co-EDTA) única equivalente a 1 g de Co en

solución. Los animales fueron dosificados el día 9 de cada periodo experimental, después de colectar una muestra blanco (100 ml) de líquido ruminal. Posteriormente, se colectaron 100 ml de líquido ruminal a las 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 24 horas post-dosis. Las muestras de líquido ruminal fueron congeladas a -15 C y almacenadas hasta su procesamiento para su análisis. Para su análisis las muestras fueron descongeladas en baño María a 37 C y centrifugadas por 10 minutos a 700 g empleando una centrifuga refrigerada. Las muestras se mantuvieron en refrigeración hasta su preparación para análisis de la concentración del marcador en un espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer modelo 1000), como lo sugieren Hart y Polan (1984). Para el análisis de datos se utilizó la transformación logarítmica de la concentración del marcador y se realizó la regresión contra tiempo de muestreo (Galylean, 1984). La ecuación usada fue:

$$\ln Y = A + Bx$$

donde:

$\ln Y$, es logaritmo natural de la concentración del marcador en el tiempo (x); A , es la concentración del marcador en el tiempo cero y B es la pendiente, que equivale al valor de la tasa de dilución (ignorando el signo).

Cinética de sólidos

Para determinar la cinética de sólidos (TT, Tiempo de tránsito; L, Tasa de pasaje de partículas en el

compartimiento rápido; K, tasa de pasaje de partículas en el rumen; TMRR, Tiempo de retención en el rumen; TMRT, Tiempo de retención total) se dosificó (220 g; 9600 mg Cr) rastrojo de sorgo marcado con $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Uden et al., 1980) vía cánula ruminal. Previo a la dosificación del marcador se colectó una muestra blanco de heces y posteriormente, se colectaron muestras a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 24, 28, 32, 36, 48, 72, y 96 horas post-dosificación, directamente del recto. Los datos de la concentración del marcador para la estimación de la cinética de sólidos en el rumen se analizaron usando un modelo no lineal de dos compartimentos y con dependencia de tiempo de acuerdo a lo sugerido por Moore et al. (1992). Los cálculos se realizaron con el procedimiento de Marquardt del paquete estadístico SAS. A través de un proceso iterativo se calculan los parámetros que mejor ajuste presentan de acuerdo a la concentración del marcador en las muestras.

Evacuación ruminal

Para estimar el volumen ruminal, el contenido del rumen fue evacuado en forma directa a través de la cánula ruminal. La evacuación se realizó de manera manual, el último día de cada periodo. El contenido ruminal fue transferido a una malla galvanizada de un cm^2 de apertura, donde se separaron la fracción sólida y líquida del rumen manualmente. El líquido ruminal fue colectado en un recipiente, posteriormente cada fase fue pesada y se midió

un litro de la fase líquida y aproximadamente un kg de la fase sólida. La muestra de la fase líquida del contenido ruminal se pesó para determinar su densidad. Las muestras fueron secadas por 48 horas en una estufa de aire forzado a 55 C, para determinar posteriormente su contenido de materia seca. Para calcular el volumen ruminal y las fracciones de líquido libre, líquido unido y contenido de materia seca ruminal, se utilizó la metodología descrita por Garza (1990)

Análisis estadístico

Todos los datos generados en el estudio fueron analizados de acuerdo a un diseño experimental de Cuadro Latino 4x4 (Steel y Torrie, 1980), de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + E_{ij}$$

donde $i = 1 \dots 4$; $j = 1 \dots 4$; $t = 1 \dots 4$

Y_{ijk} = Variable de respuesta para el k-ésimo tratamiento en el i-ésimo animal y el j-ésimo periodo.

μ = Media general.

A_i = Efecto del i-ésimo animal (columna).

P_j = Efecto del j-ésimo periodo.

T_k = Efecto del k-ésimo tratamiento.

E_{ijk} = error aleatorio.

Las variables de respuesta evaluadas con el modelo anterior fueron: el consumo de agua (CAG), el consumo de materia seca (CMS), la tasa de dilución (Td), el volumen

(VOL), el tiempo de recambio (Tr), la tasa de flujo (Tf), el líquido libre (LL), el líquido unido (LU), el volumen de la evacuación (VOLV), el volumen corregido (VOLCOR) el contenido de sólidos en el rumen (CS); la tasa de pasaje ruminal (k), el tiempo de tránsito (TT), el tiempo de retención en rumen (TMRR) y el tiempo de retención total (TMRT);.

Para el pH y la [NH₃-N] se utilizó el modelo que se describe a continuación:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + T_k + A*P*T_{ijk} + H_l + P*H_{jl} + A*H_{il} + E(ikjl)$$

Donde: i= 1... 4; j= 1... 4; k= 1... 4; l= 1...n

Y: variable de respuesta.

μ : media general.

A_i: efecto del i-ésimo animal.

P_j: efecto del j-ésimo periodo

T_k: Efecto del k-ésimo tratamiento.

A*P*T_{ijk}: Error de la parcela grande (tratamiento).

H_l: Efecto del l-ésimo tiempo de muestreo.

P*H_{jl}: Interacción del j-ésimo periodo y l-ésimo tiempo de muestreo.

A*H_{il}: Interacción del i-ésimo animal y l-ésimo tiempo de muestreo.

E(ijk)l: Error aleatorio.

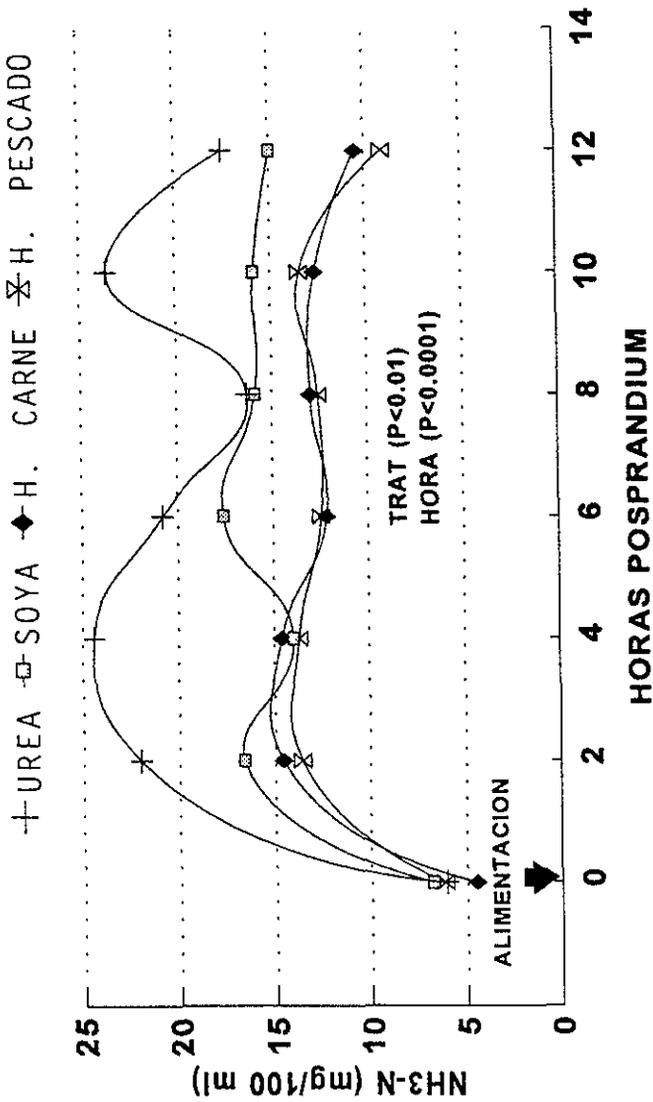
En donde se encontraron diferencias, se realizaron pruebas de medias por contrastes ortogonales, comparando las fuentes solubles (urea y pasta de soya) vs las fuentes menos solubles (harina de carne y hueso, harina de pescado); urea vs pasta de soya; harina de carne y hueso vs harina de pescado (tres contrastes posibles).

Resultados y discusión

El consumo de alimento se presenta en el Cuadro A 10 (Apéndice). El consumo de agua fue similar entre (23.6, 21.1, 21.6 y 23.0 l/d; $P=0.64$) tratamientos (Cuadro A 10). Al analizar el consumo de agua por unidad de materia seca consumida tampoco se observaron diferencias ($P=0.05$), siendo el consumo promedio de agua de 3.5 l por kilogramo de MS consumida (Cuadro A 10). Estos consumos de agua son similares a los registrados en novillos de 245 kg de peso (21 l/d) por Oltjen y Dinius (1976), alimentados con gallinaza. En condiciones de corral de engorda, Hicks et al. (1990) encontraron un consumo de agua similar (23.1 l/d) al de este estudio, pero en condiciones de temperatura ambiente fría. Este consumo fue ligeramente mayor al observado por Garza (1990) con vaquillas de carne (3.5 l/kg MS vs 3.1 l/kg MS), alimentadas con dietas altas en concentrado y con un consumo de 1.7% de su peso vivo. Basurto (1995) indica un incremento en el consumo de agua por kg de MS consumido (4.45, 4.24, 4.9 y 5.14 l) con animales similares, al incluir niveles crecientes de pollinaza (0, 15, 30 y 45 %). Estos consumos son superiores a los de este estudio; lo que se puede explicar por el nivel de consumo de MS en su estudio (1.97% del PV), el cual fue superior al nuestro. Sin embargo otros estudios (Maldonado y Garza, 1996), encuentran valores similares (3.58 y 3.5 l/kg MS) al utilizar 20% de pollinaza en la ración de novillos Brahman. El consumo de agua es dependiente de el

consumo de materia seca, así como el nivel de forraje en la dieta. Comúnmente, se considera que el consumo de agua representa más del 90 % del fluido total que se consume (Waldo et al., 1965). Como un ejemplo, se considera que del 50 al 60 % del peso de una vaca adulta es agua. El consumo de agua varía con la edad, el consumo, de materia seca, el estado nutricional y el sexo.

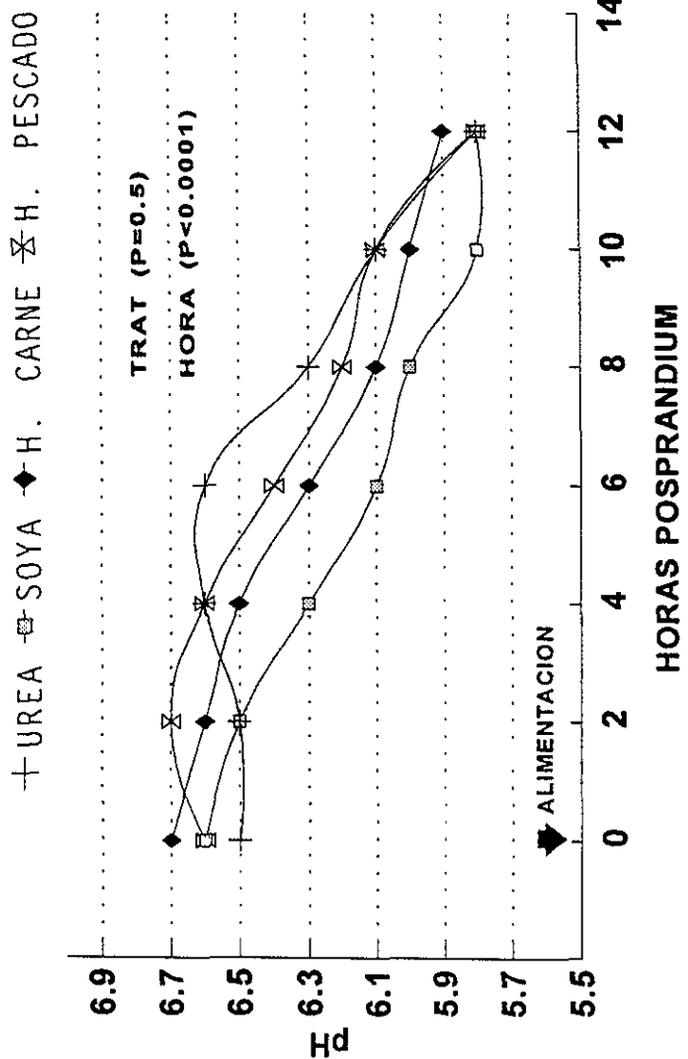
El pH en el líquido ruminal fue similar ($P=0.5$) entre los tratamientos. Independientemente del tratamiento el pH varió ($P<0.0001$) con el tiempo posprandial (Gráfica 5, Cuadro A 12). El pH en el líquido ruminal varía, de manera normal, de 5.5 a 7.2, dependiendo de la dieta; cuando el pH disminuye a menos de 6 las bacterias celulolíticas se inhiben, con la consecuente reducción en la digestión de la fibra (Owens y Goetsch, 1988). El pH en el líquido ruminal encontrado en este estudio se encuentra fuera del rango donde se deprime la degradación de la fibra por las bacterias (Ørskov, 1994). De acuerdo con lo anterior, estudios in vitro (Erfle et al., 1982) sugieren que la disminución en el pH de 7 a 5, ocasiona una reducción de ácido acético y ácido butírico. Indicando que con la reducción en el pH se disminuye la degradación ruminal de la fibra por los cambios en el pH, ya que estos ácidos son producto de la fermentación de la fibra de la dieta. En contraste cuando el pH se incrementa de 5.5 a 7.5 se duplica (27 vs 57%) la solubilidad del nitrógeno consumido, lo que indica que la relación del pH en el fluido ruminal con la



GRAFICA 6. CONCENTRACION DE NH₃ EN LIQUIDO RUMINAL DE NOVILLOS ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE MAIZ, POLLINAZA Y FUENTES PROTEICAS (EXPERIMENTO 2).

producción ruminal de $\text{NH}_3\text{-N}$ es directa, ya que los cambios en el pH modifican la actividad enzimática; a menor pH se tiene menor producción de $\text{NH}_3\text{-N}$, derivada de la disminución en la actividad enzimática en el fluido (Wohlt et al., 1973).

La $[\text{NH}_3\text{-N}]$ en el líquido ruminal de los novillos alimentados con urea mostró niveles superiores (17.3 mg/100 ml; $P < 0.01$) a la de los animales que consumieron pasta de soya (14.0 mg/100 ml), HCH (11.1 mg/100 ml) y HP (11.2 mg/100 ml) (Gráfica 6; Cuadro A 13). Independientemente del tratamiento la máxima concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ se detectó entre las dos y cuatro horas posprandiales (16.7 y 16.7 mg/100 ml), posteriormente se observó una reducción en la concentración con el tiempo, siendo similares la hora 0 con la hora 24 de muestreo (Gráfica 6; Cuadro A 13). Los niveles de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el líquido ruminal de los animales consumiendo pollinaza-urea fueron diferentes durante las primeras seis horas posprandiales del resto de los tratamientos. No obstante esto, los niveles de $\text{NH}_3\text{-N}$ para pasta de soya, harina de carne y harina de pescado se mantuvieron sin cambios durante el posprandium. A pesar de que todas las dietas contenían cantidades similares (20.6%) de pollinaza, la menor concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el líquido ruminal de los novillos que consumieron harina de carne y harina de pescado hace suponer que la presencia de estas proteínas en el rumen aportan amino ácidos para cubrir los requerimientos de algunas bacterias (Teather et al., 1980). Lo que implica



GRAFICA 5. pH EN LIQUIDO RUMINAL DE NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE MAIZ, POLLINAZA Y FUENTES PROTEICAS (EXPERIMENTO 2).

una mejor utilización del nitrógeno en el rumen cuando se complementa las dietas basadas en pollinaza (nitrógeno no proteico). El crecimiento de algunos géneros de bacterias requieren de la proteína como sustrato para que se produzcan ácidos grasos volátiles de cadena ramificada, los cuales son considerados como factores de crecimiento para algunas bacterias (Teather et al., 1980). Por otro lado la diferencia en la concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ pueden ser atribuida a las tasas diferenciales de degradación de las fuentes proteicas y a la utilización del $\text{NH}_3\text{-N}$ por los microorganismos ruminales, así como la absorción que tiene lugar a través del epitelio ruminal. Sin embargo, el proceso de absorción tiene lugar cuando existe alta concentración del compuesto en el rumen y con un pH alto (8), por lo que en nuestro estudio es probable que la absorción de $\text{NH}_3\text{-N}$ estuviera disminuida. Por lo tanto las diferencias en la concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ pueden ser debidas a la utilización y al pasaje.

El tiempo al cual se alcanza la máxima concentración es similar a la señalada por de Faria y Huber (1984) en un estudio con novillos Holstein consumiendo dietas altas en concentrado. Estudios *in vitro* (Stern et al., 1978) indican que la utilización de urea incrementa la concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$, pero no incrementa la síntesis bacteriana.

La degradación de los compuestos nitrogenados solo es deseable cuando el producto de la fermentación resulta de mayor valor biológico que la proteína en el alimento

consumido (Tamminga, 1979). De la comparación de las dietas conteniendo pollinaza-urea y pasta de soya se obtiene similar concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$, siendo de mayor utilidad la degradación de la pollinaza-urea como sustrato en el rumen que la pasta de soya, con el consiguiente abaratamiento de los costos de alimentación. La pollinaza es un subproducto que es útil como fuente de nitrógeno; siendo mejor cuando se complementa con una fuente de proteína que escape a la degradación ruminal. De acuerdo con los resultados de este estudio la pollinaza se puede complementar con la harina de carne o la harina de pescado, las cuales se comportaron similares entre ellas y diferentes a la pasta de soya.

La degradación ruminal de la proteína, la degradación de compuestos de nitrógeno no proteico (NNP), así como el recambio y degradación de células microbiales provocan la acumulación de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el ambiente ruminal (Merchen, 1988), para que sirva como sustrato a las bacterias. El $\text{NH}_3\text{-N}$ se absorbe a través de la pared ruminal por difusión pasiva y la absorción se relaciona positivamente con la concentración ruminal del mismo.

La inclusión de las distintas fuentes proteicas (Cuadro 8) no modificó el volumen (VOL, 44.3 l; $P>0.4$), la tasa de dilución (Td, 9.6 %/h; $P>0.9$), el tiempo de recambio (Tr, 13.0 h; $P>0.5$) ni la tasa de flujo (Tf, 3.78 l/h; $P>0.5$).

Estudios previos (Maldonado y Garza, 1996) con novillos Cebú alimentados con dietas basadas en pollinaza y grano, o

pollinaza y niveles crecientes de forraje, encuentran Vol, Tr y Tf similares, con una Td (5.24 %/h) diferente. Otros estudios (Cecava et al., 1991) sugieren que la Td en novillos Simmental alimentados (2.2% de su peso vivo) con pasta de soya o una mezcla de gluten de maíz con harina de sangre son similares (5.4, 5.4 %/h; $P > 0.13$). Estos datos difieren de los valores para la Td (9.6%/h) determinados en nuestro estudio. Es probable que estas diferencias se deban al menor nivel de inclusión de la pasta proteica empleado en el presente trabajo (4.6% vs 11.5%)

El VOL ruminal es afectado por el consumo de materia seca, el consumo de agua y la producción de saliva, y puede representar entre 15 a 21% del peso vivo (Owens y Goetsch, 1988). Estos valores son superiores a los VOL estimados con Co-EDTA (12.25% del peso vivo), registrados en este estudio. A pesar de que se ha indicado (Owens y Goetsch, 1988) que el volumen ruminal de animales adultos con consumos del 2% de su peso corporal representa aproximadamente el 16% del PV. En novillos adultos (581 kg), consumiendo pasto henificado, Teeter y Owens (1983) señalan un VOL de 67.7 l (11.65 l/100 kg PV), mientras que con novillos consumiendo heno de alfalfa el VOL fue de 62.5 l (10.75 l/100 kg PV). El VOL disminuyó a 51.6 l (8.8 l/100 kg PV) cuando los animales fueron alimentados con concentrado.

Es posible que nuestros estimados de volumen difieran de los reportados en la literatura, debido al tipo de animales empleados. Se ha sugerido que el volumen ruminal

CUADRO 8. CINETICA DE LIQUIDOS EN NOVILLOS CEBU ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE MAIZ, POLLINAZA Y DIFERENTES FUENTES PROTEICAS (EXPERIMENTO 2).

VARIABLE ¹	TRATAMIENTOS					EEM
	UREA	PASTA DE SOYA	HARINA CARNE	HARINA PESCADO	MEDIA ²	
Vol (l)	46.99	40.14	38.53	51.65	44.33	5.1535
Td (%/h)	9.52	11.21	8.77	8.91	9.60	1.6713
Tr (h)	11.05	10.88	11.44	18.68	13.01	2.7363
Tf (l/h)	4.38	4.05	3.35	3.36	3.78	0.4039
Vol/PV (%)	12.96	11.31	10.53	14.21	12.25	2.3553

1 Vol.= volumen, Td= Tasa de dilución, Tr= Tiempo de recambio, Tf= Tasa de flujo., Vol/PV= Volumen ajustado como proporción del peso de los animales.

2 medias de cuadrados mínimos (n= 4).

EEM: error estandar de la media.

de animales *Bos indicus* es ligeramente inferior al de los *Bos taurus*, sin embargo existen pocas evidencias en la literatura que comprueben este hecho.

Cuando el volumen ruminal fue estimado mediante la evacuación manual del contenido ruminal, y las distintas fracciones (Líquido libre, líquido unido, contenido de sólidos) fueron analizadas por separado, no se detectaron diferencias entre los distintos tratamientos, (Cuadro 9). Comparados con los volúmenes estimados con el Co-EDTA, los volúmenes observados mediante el vaciado ruminal son menores, esto posiblemente debido a que la evacuación ruminal se realizó previo al consumo de alimento. Sin embargo cuando los volúmenes fueron calculados incluyendo el consumo de agua estos valores se aproximan a los volúmenes estimados con el indicador, (Cuadro 9).

Lo anterior sugiere que la estimación del volumen ruminal puede ser realizada con o sin el uso de marcadores, lo que dependerá de la facilidades de laboratorio, con que se disponga, para realizar la determinación. Estudios en donde la evacuación ruminal se realizó durante las primeras horas (2 a 4 h) posprandiales muestran mayor concordancia entre los volúmenes determinados con Co-EDTA y los volúmenes ruminales determinados por vaciado ruminal, (Colucci, 1984; Garza, 1990).

El volumen ruminal por si solo no explica los procesos dinámicos en el rumen, ya que los líquidos y sólidos son removidos del rumen en forma continua. Para

CUADRO 9. DISTRIBUCION DE LAS FRACCIONES EN RUMEN DE NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE MAIZ, POLLINAZA Y DIFERENTES FUENTES PROTEICAS.

VARIABLE ¹	TRATAMIENTOS					EEM
	UREA	PASTA DE SOYA	HARINA DE CARNE	HARINA DE PESCADO	MEDIA ²	
LU (1)	4.9	5.4	3.8	4.8	4.7	0.6008
LL (1)	15.2	13.4	12.2	16.7	14.4	1.7371
VOLV (1)	20.1	18.9	16.1	21.6	19.2	1.8474
VOL EST (1)	43.7	40.1	37.7	44.6	41.6	1.8474
CS (kg MS)	2.8	2.6	2.5	2.8	2.7	0.2250

1 LU: LIQUIDO UNIDO, LL: LIQUIDO LIBRE, VOLV: VOLUMEN DE LA EVACUACION, CS: CONTENIDO DE SOLIDOS. VOL EST: VOLUMEN AJUSTADO CON EL CONSUMO DE AGUA.

VOL EST= VOLV + CONSUMO DE AGUA.

2 medias de cuadrados mínimos.

EEM: error estandar de la media (n= 4).

tener una mejor idea de lo que sucede en este compartimiento, es necesario incluir las tasas fraccionales de flujo, y de pasaje de partículas.

A pesar de que no existieron diferencias en la Td, Tr, y Tf, se observaron cambios ($P < 0.01$) en la tasa de degradación entre las diferentes fuente proteicas evaluadas. Esto implica que con mayores niveles de consumo las Td, Tr y Tf se hubieran modificado. Sin embargo Luginbuhl et al., (1994), utilizando dietas basadas en forraje de pasto Bermuda a distintos niveles de consumo (0.81, 1.15, 1.44 y 1.76% del peso vivo) en novillos Hereford no encontraron diferencia ($P = 0.1$) en las Td (5.3, 5.1, 6.2 y 6.2%/h, respectivamente). Lo que indica que, además del nivel de consumo, el tipo de alimento es importante.

De igual forma, al comparar la cinética de sólidos en los distintos tratamientos, se observó que la Tasa de pasaje (T_p , 3.83 %/h), el tiempo medio de retención en rumen (TMRR, 32.01 h), el tiempo de transito (TT 11.03 h) y el tiempo medio de retención total (TMRT 51.53 h) fueron similares ($p > 0.05$; Cuadro 10).

Cochran et al. (1986), utilizando un modelo de dos compartimentos con dependencia de tiempo (semejante al usado en este estudio), encontraron tasas de pasaje entre 3.1 y 4.2 %/h en novillos europeos consumiendo 1.86 a 2.04 kg de alimento por 100 kg de peso. Estos valores son similares a los obtenidos en este experimento.

CUADRO 10. CINETICA DE SOLIDOS¹ EN NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE MAIZ, POLLINAZA Y DIFERENTES FUENTES PROTEICAS (EXPERIMENTO 2).

VARIABLE ²	TRATAMIENTOS					EEM
	UREA	PASTA DE SOYA	HARINA DE CARNE	HARINA DE PESCADO	MEDIA ³	
TT (h)	10.37	12.90	10.77	10.08	11.0	3.6064
L (%/h)	14.98	41.52	16.99	12.20	20.0	15.75
K (%/h)	3.53	4.69	2.78	4.33	3.83	0.98
TMRR	30.98	29.54	39.40	32.13	32.01	9.5487
TMRT	48.48	49.70	57.06	50.98	51.53	8.8123

¹ medida con cromo mordante (Uden et al., 1980).

² TT: TIEMPO DE TRANSITO, L: TASA DE PASAJE EN EL COMPARTIMENTO RAPIDO, K: TASA DE PASAJE RUMINAL, TMRR: TIEMPO MEDIO DE RETENCION EN RUMEN, TMRT: TIEMPO MEDIO DE RETENCION TOTAL.

³ medias de cuadrados mínimos.

EEM: error estandar de la media (n=4).

La estimación de la cinética de partículas con un modelo independiente de tiempo proporciona estimados bajos, indistintamente de la técnica usada para la dosificación del marcador; por lo que el modelo que mejor ha estimado la cinética de sólidos es el de dos compartimentos con dependencia de tiempo (Moore et al., 1992). En contraste, en otro estudio Cochran et al. (1986) evaluando distintos modelos para estimar la tasa de recambio de partículas, indican que los modelos de dos compartimentos independientes del tiempo pueden predecir en forma razonable la tasa de pasaje.

Cecava et al. (1988) indican que la T_p no se modifica cuando se utiliza una dieta basada en silo y grano de maíz adicionada con pasta de soya (3.9 %/h), gluten de maíz (3.5 %/h), ó urea (3.6 %/h). El uso de gluten de maíz seco ó grano seco de destilería en novillos Hereford no afecta la T_p (5.16 vs 5.14 %/h), sin embargo cuando el nivel de consumo varia (1.33% vs. 1.99 % del peso vivo) con las mismas dietas, la T_p se modifica (4.96 %/h vs 5.35 /h; Firkins et al., 1986).

A pesar que el nivel de consumo se considera un factor modificador de la cinética, es posible que características intrínsecas de la dieta no permitan cambios en la T_p . Novillos alimentados con heno de pasto Bermuda a diferentes niveles de consumo (0.81, 1.15, 1.44 y 1.76% del peso vivo) tuvieron similares T_p (1.9, 2.6, 2.5 y 2.3%/h), de acuerdo con datos de Luginbuhl (1994). Posiblemente el

efecto observado en ese estudio se relacione con la calidad del forraje empleado, involucrando directamente al contenido de materia orgánica potencialmente fermentable en el rumen.

Otros trabajos (Patil et al., 1993) sugieren que la inclusión de pollinaza en la dieta de becerros Holstein, disminuyen la T_p , sin embargo, la T_p fue similar (3.21%/h) entre los niveles de pollinaza empleados en el estudio. En contraste, Basurto (1995) indica que la T_p se incrementa linealmente con la inclusión de niveles crecientes de pollinaza en la dieta.

El contenido de energía de las dietas afecta la cinética de sólidos. Tolley et al. (1988) encontraron un aumento en la T_p de vaquillas en crecimiento, alimentadas con altos niveles de grano (3.6%/h), comparadas con las tasa de pasaje de los animales que consumieron forraje (3.3 %/h.).

El tiempo de retención en el tubo digestivo se relaciona directamente con la desaparición de nutrimentos de la digesta, por su paso a través de las distintas secciones. Mayores tiempos de retención se observan en alimentos con tamaño de partícula grande, y se encuentran cambios con las diversas proporciones de forraje y concentrado que se utilizan en las dietas de los rumiantes (Owens y Goetsch, 1988). El TMRT de nuestro estudio (51.53 h) es inferior al sugerido por Pond et al. (1989), para animales cruzados (Angus-Brahman) alimentados con forraje de pasto bermuda (60.7 h). Estos datos sugieren que el tipo de dieta influye

en el tiempo de retención, lo que concuerda en distintos estudios (Tolley et al., 1988; Brosh et al., 1993). Sin embargo al utilizar fuentes proteicas de lenta degradación en el rumen, sería deseable modular la cinética con el fin de aprovechar al máximo las ventajas que poseen los rumiantes, para utilizar sustratos de baja calidad, haciendo mas eficiente la fermentación ruminal. Es posible que la selección adecuada de la proporción y el tipo de forraje de la dieta propicie un cambio en la cinética ruminal, lo que produce un beneficio evidente por al utilizar fuentes proteicas de baja degradación en el rumen. Se ha señalado que el incremento en el consumo de forraje incrementa el volumen y la Tp (Owens y Goetsch, 1988).

Los cambios en el ambiente ruminal, que afectan la fermentación, son mas notorios en animales con altos consumos de alimento. Sin embargo el sistema de alimentación influye también sobre las características del ambiente ruminal. Se ha mencionado (Owens y Goetsch, 1988), que un consumo alto de alimento en horario cambiante, altera la función ruminal inmediatamente después del consumo. Por el contrario cuando los animales se han adaptado a un consumo a libre acceso, desarrollan un patrón de consumo intermitente que puede reducir las fluctuaciones posprandiales en el ambiente ruminal. Lo cual afectaría directamente la Tp, además de estimular, posiblemente, el crecimiento bacteriano.

Se concluye que el uso de fuentes proteicas con diferente degradación ruminal modifica el patrón de la fermentación ruminal, pero no afecta la cinética de líquidos, la cinética de sólidos y el volumen ruminal, en novillos Brahman con alimentación controlada.

CONCLUSIONES.

1. El pH en el líquido ruminal fue similar entre los distintos tratamientos. Sin embargo, se observaron diferencias a través del tiempo posprandial.
2. La concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el líquido ruminal varió entre tratamientos y a través del tiempo; indicando que las diferentes fuentes proteicas tienen distintas tasas de degradación, y posiblemente promueven diferentes tasas de crecimiento bacteriano.
3. La degradación ruminal de la materia seca y la materia orgánica varía según el tipo de sustrato utilizado.
4. La digestibilidad aparente de las fracciones evaluadas fue similar en los distintos tratamientos
5. La inclusión de nitrógeno de distintos orígenes (no proteico, vegetal, animal) no afectó el volumen y la cinética ruminal.

IMPLICACIONES.

Con los datos de este estudio es factible afirmar que las fuentes proteicas modifican el ambiente ruminal (pH, $\text{NH}_3\text{-N}$); sin embargo se requieren estudios sobre la partición de la digestión a través del tubo digestivo para poder evaluar su efecto sobre los microorganismos ruminales y su aporte de proteína al duodeno.

REFERENCIAS

- Arieli, A., Y. Pecht, S. Zamwell, and H. Tagari. 1991. Nutritional adaptation of heifers to diets containing poultry litter. *Livest. Prod. Sci.* 28: 53-63.
- Arave, C.W. and D.C. Dobson. 1992. Cows and heifers did well on caged layer waste. *Feedstuffs* (February 25) 146-147.
- Ayangbile,, O.A., S.K. Tallam and M.S. Surtan. 1993. Processing of slaughterhouse blood and poultry litter and the effects on nutrient digestibility by steers. *Anim. Feed Sci. Tech.* 40: 153-164.
- Asociation of Official Analytical Chemists. 1990. Official methods of annalysis. 15th ed. A.O.A.C. Washington, D.C.
- Bailey, C.B. and C.C. Balch. 1961. Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. 2. The composition and rate of secretion of mixed saliva in the cow during rest. *Br. J. Nutr.* 15: 383-402.
- Barcena, G.R. 1994. Importancia de la proteína y almidón de escape en ganado de carne. En *Memorias del Seminario Internacional "Producción de carne bovina en corrales"*. BUAP. pp 49- 60.
- Basurto, G.R. y Garza, F.J.D. 1993. Efecto de la adición de grasa o proteína a dietas a base de maíz-sorgo para ganado en finalización. XVII Congreso Nacional de Buiatría.
- Basurto, G.R. 1995. Dinámica y digestión ruminal de bovinos de carne alimentados con dietas a base de grano de maíz y pollinaza. Tesis Maestría. FESC-UNAM. Cuautitlán de Izcalli, edo. de México. 75.
- Beever. D.E., and B.R. Cottrill. 1994. Protein systems for feeding ruminant livestock: A european assessment. *J. Dairy Sci.* 77: 2031-2043.
- Bergen, W.G. and M.T. Yokoyama. 1977. Productive limits to rumen fermentation. *J. Anim. Sci.* 46: 573-584.
- Bernal, S. M* G. 1989. Dynamics of rumen turnover in cows at various stages of lactation. PhD Disertation, Cornell University.

- Bhattacharya, A.N. and J.C. Taylor. 1975. Recycling animal waste as a feedstuff: a review. *J. A. Sci.* 41: 1438-1457.
- Broderick, G.A. and Kang 1980. Phenol-Hypochlorite assay for ammonia. *J. Dairy Sci.* 63:64.
- Broderick, G.A. 1982. Estimation of protein degradation using in situ and in vitro methods. In *Proceeding of an International simposium at Oklahoma State University*. F.N. Owens, editor.
- Brosh, A., Z. Holzer, Y. Aharoni, and D. Levy. 1993. Intake, rumen volume, retention time and digestibility of diets based on poultry litter and wheath straw in beef cows before and after calving. *J. Agric. Sci. Cambridge.* 121: 103-109
- Brosh, A., Z. Holzer, D. Levy, and Y. Aharoni. 1993a. The effect of maize grain supplementation of diets based on wheath straw and poultry litter on their utilization by beef cattle. *Anim. Feed Sci. Tech.* 40: 165-175.
- Calsamiglia, S., M.D. Stern, and J.L. Firkins. 1995. Effects of protein source on nitrogen metabolism in continuous culture and intestinal digestion in vitro. *J. Anim. Sci.* 73: 1819-1827.
- Castaldo, D.J. 1995. Dairy feeds: Byproducts recommendations and precautions. *Feed Management.* 46: 16-17.
- Cecava, M.J., N.R. Merchen, L.L. Berger, and G.C. Fahey, Jr. 1988. Effects of dietary energy level and protein source on site of digestion and duodenal nitrogen and amino acid flow in steers. *J. Anim. Sci.* 66: 961-974.
- Cecava, M.J., N.R. Merchen, L.L. Berger, and G.C. Fahey, Jr. 1990. Intestinal supply of amino acids in sheep fed alkaline hydrogen peroxide-Treated wheath straw-based diets supplemented with soybean meal or combinations of corn gluten meal and blood meal. *J. Anim. Sci.* 68: 467- 477.
- Cecava, M.J., N.R. Merchen, L.L. Berger, R.I. Mackie, and G.C. Fahey, Jr. 1991. Effects of dietary energy level and protein source on nutrien digestion and ruminal nitrogen metabolism in steers. *J. Anim. Sci.* 69: 2230-2243.
- Clark, J.H., M.R. Murphy, and B.A. Crooker. 1987. Supplying needs of dairy cattle from by-products feeds. *J. Dairy Sci.* 70: 1092-1109.

- Cochran, R.C., D.C. Adams, M.L. Galyean, and J.D. Wallace. 1986. Estimating particle turnover in the rumen of meal-fed beef steers: procedural evaluations. *J. Anim. Sci.* 63: 1469-1475.
- Colucci, P. E. 1984. Comparative digestion and digesta kinetics in sheep and cattle. PhD Thesis. The University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Coomer, J.C., H.E. Amos, M.A. Froetschel, K.K. Raglan and C.C. Williams. 1993. Effects of supplemental protein source on ruminal fermentation, protein degradation, and amino acid absorption in steers and growth and feed efficiency in steers and Heifers. *J. Anim. Sci.* 71: 3078- 3086.
- Cozzi, G. and C.E. Polan. 1994. Corn gluten meal or dried brewers grains as partial replacement for soybean meal in the diet of Holstein cows. *J Dairy Sci.* 77: 825- 834.
- Cröker, B.A., R.D. Shanks, J.H. Clark and G.C. Fahey Jr. 1981. Effects of ruminal exposure upon the amino acid profile of typical feedstuffs. *J. Anim. Sci.* 53 (Suppl. 1): 391.
- Cunningham, K.D., M.J. Cecava, and T.R Johnson. 1994. Flows of nitrogen and amino acids in dairy cows fed diets containing supplemental feather meal and blood meal. *J. Dairy Sci.* 77: 3666-3675.
- de Boer, G. , J.J. Murphy, and J.J. Kenelly. 1987. Mobile nylon bag for estimating intestinal availability of rumen undegradable protein. *J. Anim. Sci.* 70: 977-982.
- desBordes, C.K., and J.G. Welch. 1984. Influence of specific gravity on rumination and passage of indigestible particles. *J. anim. Sci.* 59: 470-475.
- de Faria, V.P., and J.T. Huber. 1984. Effect of dietary protein and energy levels on rumen fermentation in Holstein steers. *J. Anim. Sci.* 58: 452-459.
- Dos Santos A., J.J e E.A. F. Gómez de Freitas. 1987. Cama de aviário como suplemento nitrogenado para bovinos. *Pesq. agropec. Bras.* 22(5): 521-525.
- Ehle, F.R. 1984. Influence of particle density on particulate passage from rumen of Holstein cow. *J. Dairy Sci.* 67: 693-697.

- Ellis, W.C., J.H. Matis, and C. Lascano. 1979. Quantitating ruminal turnover. *Federation Proc. ASAS*. 38: 2702-2706.
- Ellis, W.C., J.H. Matis, K.R. Pond, C. E. Lascano and J.P. Telford. 1984. Dietary influences on flow rate and digestive capacity. In: *Herbivore nutrition in the subtropics and tropics*. F.M.C. Gilchrist and R.I. Mackie. eds. The Science Press (Pty), Ltd. South Africa.
- El-Sabban, E.F. J.W. Bratzler, T.A. Long, D.E.H. Frear, and R.F. Gentry. 1970. Value of processed poultry waste as a feed for ruminants. *J. Anim. Sci.* 31: 107-111.
- Erasmus, J.L., P.M. Botha, C.W. Cruywagen and H.H. Meissner. 1994. Amino acid profile and intestinal digestibility of rumen undegradable protein from various feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 77: 541-551.
- Erfle, J.D., R.J. Boila, R.M. Teather, S. Mahadevan, and F.D. Sauer. 1982. Effect of pH on fermentation characteristics and protein degradation by rumen microorganisms in vitro. *J. Dairy Sci.* 65: 1457-1464.
- Espinosa S., J.J. y R. Espinosa. 1991. Algunos factores que afectan la degradabilidad ruminal de la proteína. *México-Holstein* 22(7): 42-47.
- Fahey Jr., G.C. and L.L. Berger. 1988. Carbohydrate nutrition of ruminants. In: *The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition*. Chapter 14. pp 269-297. D.C. Church (ed.). Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Fenton, T.W. and M. Fenton. 1979. An improved procedure for the determination for cromatic oxide in feed and feces. *Can. J. Anim. Sci.* 59: 631- 634.
- Firkins, J.L., L.L. Berger, N.R. Merchen, G.C. Fahey, Jr., and D.R. Nelson. 1986. Effects of feed intake and protein degradability on ruminal characteristics and site of digestion in steers. *J. Dairy Sci.* 69: 2111-2123.
- Flores, B., M.; M. Barrón A. y J.D. Garza F. 1995. Patrones de producción de nitrógeno amoniacal y pH en el líquido ruminal de novillos Brahman alimentados con pöllinaza empastillada y sin empastillar. VII Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal. Veracruz, México. p 201.

- Fontenot, J.P., K.E. Webb Jr., K.G. Libke and R.J. Buehler. 1971. Performance and health of ewes fed broiler litter. *J. Anim. Sci.* 33: 283 (Abstr.).
- Fontenot, J.P., and K.E. Webb Jr. 1975. Health aspects of recycling animal wastes by feeding. *J. Anim. Sci.* 40: 1267-1277.
- Fontenot, J.P., L.W. Smith and A.L. Sutton. 1983. Alternative utilization of animal wastes. *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl. 2): 221-233.
- Garza, F. J.D. 1990. Water kinetics in the rumen of beef cattle. PhD Dissertation, Oklahoma State University.
- Galyean, M.L. 1984. Techniques and procedures in animal nutrition research. New Mexico State University.
- Grovum, W.L. and V.J. Williams. 1973. Rate of passage of digesta in sheep. 4. Passage of marker through the alimentary tract and biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in feces. *Br. J. Nutr.* 30: 313.
- Harmon, D.L. 1993. Nutritional regulation of posruminal digestive enzymes in ruminants. *J. Dairy Sci.* 76: 2102-2111.
- Hart, S.P. and Carl E. Polan. 1984. Simultaneous extraction and determination of ytterbium and cobalt ethylenediaminetetraacetate complex in feces. *J. Dairy Sci.* 67: 888 -892.
- Hicks, R.B., F.N. Owens, D.R. Hill, J.W. Oltjen and R.P. Lake. 1990. Dry matter intake by feedlot beef steers: influence of initial weight, time on feed and season of year received in yard. *J. Anim. Sci.* 68: 254.
- Hoover, W.H. and S.R. Stokes. 1990. Balancing carbohydrates and protein for optimum microbial yield. *J. Dairy Sci.* 73: 226 (Suppl. 1)
- Howes, D. 1997. Retos en la nutrición y manejo de las vacas lecheras enfrentando el siglo XXI. VIII congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal. Puerto Vallarta, Jalisco, México. p 57-70.
- Howie, S.A., S. Calsamiglia and M.D. Stern. 1994. Variation in ruminal degradation and intestinal digestion of animal byproducts protein. *J. Anim. Sci.* 77 (Suppl. 1): 238.

- Huitron, M.G. y J. M. Zorrilla. 1980. El uso de la pollinaza en la engorda de bovinos en corral como principal fuente de energía y proteína. Memorias del 1er Día del Ganadero del C.E.P. Vaquerías. INIP-SARH, Ojuelos, Jal.
- Hussein, H.S., M.R. Cameron, G.C. Fahey, Jr., N.R. Merchen and J. H. Clark. 1995. Influence of altering degradation of soybean meal protein on in situ ruminal fiber disappearance of forages and fibrous byproducts. *J. Anim. Sci.* 73: 2428-2437.
- Issacs, J. and F.N. Owens. 1972. protein soluble in rumen fluid. *J. Anim. Sci.* 35: 267.
- Keery, C.M., H.E. Amos and M.A. Froestchel. 1993. Effects of supplemental protein source on intraruminal fermentation, protein degradation, and amino acid absorption. *J. Dairy Sci.* 76: 515- 524.
- Keys, J.E. and L.W. Smith. 1981. Effect of poultry excreta and ground ear corn on growth, intake, and digestion of corn silage diets by yearling dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 64: 140-145.
- Koeln, L.L., and J.A. Paterson. 1986. Nitrogen balance and amino acid disappearance from the small intestine in calves fed soybean meal, toasted soybean meal or corn gluten meal-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 63: 1258-1266.
- Kondarami Reedy, S., and M. Raj. Reedy. 1989. Utilization of wheat straw/berseem hay and poultry litter droppings in the development of complete feeds for crossbred bulls. In. *J. Anim. Sci.* 59: 981-985.
- Lascano, C. y R. Quiroz. 1990. Metodología para estimar la dinámica de la digestión en rumiantes. En *Nutrición de rumiantes: guía metodológica de investigación*. M. Ruiz, A. Ruiz (eds.). San José, C.R. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura: Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica. 89-104.
- Loerch, S.C. L.L. Berger, and G.C. Fahey Jr. 1982. Rumen bypass and in situ residual nitrogen of various protein sources. Annual meeting, Amer. Soc. Anim. Sci. and Can. Soc. Anim. Sci. Guelph, Ontario, Canada. 55: 437.

- Luginbuhl, J.M., K.R. Pond, and J.C. Burns. 1994. Whole-tract digesta kinetics and comparison of techniques for the estimation of fecal output in steers fed Coastal Bermudagrass hay at four levels of intake. *J. Anim. Sci.* 72: 201-211.
- Maeng, W.J. and R.L. Baldwin. 1976. Factors influencing rumen microbial growth rates and yields: Effect of amino acid additions to a purified diet with nitrogen from urea. *J. Dairy Sci.* 59: 648.
- McAllan, A.B. and R.H. Smith. 1983. Factors influencing the digestion of dietary carbohydrates between the mouth and abomasum of steers. *Br. J. Nutr.* 50: 445.
- Mackie, R.I. and B.A. White. 1990. Recent advances in rumen microbial ecology and metabolism: Potential impact on nutrient output. *J. Dairy Sci.* 73: 2971-2995.
- Magaña C., A. y F. Rodríguez G.. 1986. Respuesta a tres niveles de melaza en toretes en engorda en corral utilizando dietas con pollinaza. *Tec. Pec. Mex.* 52: 14-19.
- Magaña C., A. y F. Rodríguez G. 1988. Efecto de la sustitución parcial de pollinaza por harina de carne y hueso en dietas para toretes en engorda en corral. *Tec. Pec. Mex.* 26: 148
- Magaña C., A. y F. Rodríguez G. 1991. Engorda de bovinos en corral sin la utilización de granos. 1. Suplementación de pollinaza y melaza a toretes alimentados con cañuela de maíz ensilada. *Tec. Pec. Mex.* 29: 101.
- Mäkela, A. 1956. Studies on the question of the bulk on the nutrition of farm animals with special reference to cattle. Suomen Maataloustieteellisen Seuran Jaukkaisuja. 85:7.
- Maldonado, M., J.J. 1996. Digestión ruminal de dietas con maíz ó sorgo procesados, pollinaza y niveles crecientes de forraje en novillos. Tesis Maestría. UNAM. FES-C.
- Mäntyssari, P.E., C.J. Sniffen, T.V. Muscato, and M.L. Thonney. 1989. Performance of growing dairy heifers fed diets containing soybean meal or animal by-products meals. *J. Dairy Sci.* 72: 2107-2114.
- McAllister, T.A., L.M. Rode, K.J. Cheng, and J.G. Buchanan-Smith. 1992. Effect of formaldehyde-treated barley or escape protein on the ruminal environment and digestion in steers. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 317-328.

- McDonald, E.I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 96:251-252.
- Mehrez, A.Z. and E.R. Ørskov. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agr. Sci. (Camb.)* 88: 645.
- Merchen, N.R. 1988. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: *The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition*. Chapter 9. pp 172-201. D.C. Church, Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Merchen, N.R., and E.C. Titgemeyer. 1992. Manipulation of amino acid supply to the growing ruminant. *J. Anim. Sci.* 70: 3238-3247.
- Miller, E.L., and E.R. Ørskov. 1985. Degradability of protein and its prediction. *IDF Bulletin* 196: 69-78.
- Moguel, O.Y., J.G. Cantón C., E. Sauri D. y A.F. Castellanos R. 1995. Contenido de algunos macro y microminerales en las deyecciones avícolas en Yucatán. *Tec. Pecu. Mex.* 33 (2): 100-104.
- Moore, J.A., K.R. Pond, M.H. Poore, and T.G. Goodwin. 1992. Influence of model and marker on digesta kinetic estimates for sheep. *J. Anim. Sci.* 70: 3528.
- Mostaghi Nia, S.A., and R.J. Ingalls. 1995. Influence of moist heat treatment on ruminal and intestinal disappearance of amino acids from canola meal. *J. Dairy Sci.* 78: 1522-1560.
- Nocek, J.E., and J.E. English. 1986. In situ degradation kinetics: evaluation of rate determination procedure. *J. dairy Sci.* 69: 77-87.
- NRC. 1984. *Nutrient Requirements of beef cattle (6th Ed.)*. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- NRC. 1985. *Ruminant Nitrogen Usage*. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- NRC. 1988. *Nutrient Requirements of dairy cattle*. Sixth revised edition. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- NRC. 1996. *Nutrient requirements of beef cattle*. Seventh revised edition. National Academy Press, Washington, D.C., U.S.A.

- Oltjen, R.R. and D.A. Dinius. 1976. Processed poultry waste compared with uric acid, sodium urate, urea and biuret as nitrogen supplements for beef cattle fed forage diets. *J. anim. Sci.* 43: 201-208.
- Ørskov, E.R. 1977. Capacity for digestion and effects of composition of absorbed nutrients on animal metabolism. *J. Anim. Sci.* 46: 600-608.
- Ørskov, E.R. F.D. Deb Hovell y F. Mould. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la valuación de los alimentos. *Producción Animal Tropical* 5: 213-233.
- Ørskov, E.R. 1994. Recent advances in understanding of microbial transformation in ruminants. *Liv. Prod. Sci.* 39: 53-60
- Osuji, P.O., I.V. Nsahlai, and H. Khalili. 1993. Feed evaluation. International Livestock Centre for Africa. Addis Ababa, Ethiopia.
- Owens, F.N. and R.A. Zinn. 1982. The Standard Reference System Bypass Estimation. In *Proceeding of an International simposium at Oklahoma State University*. F.N. Owens, editor. pp 352-357.
- Owens, F.N. and A.L. Goetsch. 1986. Digesta passage and protein synthesis. In: Milligan, L.P.; W.L. Grovum and A. Dobson (eds.) *Control of digestion and metabolism in ruminants. Proceedings of the sixth International Symposium*. A Reston Book Prentice-Hall. New Jersey. 196-223.
- Owens, F.N. and A.L. Goetsch. 1988. Ruminant fermentation. In: *The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition*. Chapter 8. pp 227-249. D.C. Church, Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Owens, F.N. and R.A. Zinn. 1988. Protein metabolism of ruminant animals. In: *The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition*. Chapter 12. pp 227-249. D.C. Church (ed.). Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Patil, A.R., A.L. Goetsch, D.L. Galloway, Jr., and L.A. Foster, Jr. 1993. intake and digestion by hostein steer calves consuming grass hay supplemented with broiler litter. *Anim. Feed Sci. Tech.* 44: 251-253.
- Pond, K.R., W.C. Ellis, W.D. James, and A.G. Deswysen. 1985. Analysis of multiple markers in nutrition research. *J. Dairy Sci.* 68: 745-750.

- Pond, K.R., W.C. Ellis, J.M. Matis, and A.G. Deswysen. 1989. Passage of chromium-mordanted and rare earth-labeled fiber: time of dosing kinetics. *J. Anim. Sci.* 67: 1020-1028.
- Rivera U., P. y Garza F, J.D. 1995. Comportamiento productivo de toretes Brahman alimentados con sorgo, pollinaza y niveles crecientes de harina de carne. VII congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal. Veracruz, México. p 198.
- Robinson, P.H. R.E. McQueen and P.L. Burgess. 1991. Influence of rumen undegradable protein levels on feed intake and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74: 1623- 1631.
- Russell, J.B., W.M. Sharp, and R.L. Baldwin. 1979. The effect of pH on maximum growth rate and its possible role as a determinant of bacterial competition in the rumen. *J. Anim. Sci.* 48: 251-255.
- Russell, J.B. and R.B. Hespell. 1981. Microbial rumen fermentation. *J. Dairy Sci.* 64: 1153-1169.
- Russell, J.B., H.J. Strobel, and S.A. Martin. 1990. Strategies of nutrient transport by ruminal bacteria. *J. Dairy Sci.* 73: 2996-3012.
- Santos, K.A.; M.D. Stern and L.D. Satter. 1984. Protein degradation in the rumen and amino acid absorption in the small intestine of lactating dairy cattle fed various protein sources. *J. Anim. Sci.* 58: 244- 255.
- Satter, L.D., and L.L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *Br. J. Nutr.* 32: 199.
- Satter, L.D. 1986. Symposium: protein and fiber digestion, passage and utilization in lactating cows. Protein supply from undegraded dietary protein. *J. dairy Sci.* 69: 2734-2749.
- Schingoethe, D.J. S/F. Aplicación de las proteínas de escape del rumen en la alimentación de rumiantes. Asociación Americana de Soya. p 1-11.
- Silanikove, N., and D. Tiomkin. 1992. Toxicity induced by poultry litter consumption: effect of measurements reflecting liver function in beef cows. *Anim. Prod.* 203-209.

- Silanikove, N., and M. Gutman. 1992. Interrelationships between lack of shading shelter and poultry litter supplementation: food intake, live weight, water metabolism, and embryo loss in beef cows grazing dry mediterranean pasture. *Anim. Prod.* 55: 371-376.
- Smith, L.W. and W. E. Wheeler. 1979. Nutritional and economic value of animal excreta. *J. Anim. Sci.* 48:144.
- Soria, R.J.; R. Avendaño y A.C. Ortíz. 1970. Levantamiento fisiográfico del estado de Querétaro. CIFAP-Guanajuato, INIFAP- SARH. México.
- Srinivas, D.K., M.Rama Gao, G.V. Krishna, and K. Kondal Reedy. 1989. Feeding dried poultry droppings to crossbred dairy heifers. *Indian J. Anim. Sci.* 59: 618-620.
- Stanton, T.L. 1996. Managing nutrients for optimum performance: Bypass protein for beef cattle. *Feed Manage.* 47: 21-22.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co., New York.
- Stern, M.D., A. Balch, and S Calsamiglia. 1997. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.* 75: 2256-2276.
- Stern, M.D. H. Hoover. C.J. Sniffen, B.A. Crooker and P.H. Knowlton. 1978. Effects of nonstructural carbohydrate, urea and soluble protein levels on microbial synthesis in continuous culture of rumen contents. *J. Anim. Sci.* 47: 944-956.
- Stern, M.D. and L.D. Satter. 1982. In vivo estimation of protein degradability in the rumen. In: Protein requirements of cattle: Symposium. F.N. Owens (ed.) Oklahoma, State Univ. Press. Stillwater. 357-373.
- Stern, M.D. and L.D. Satter. 1984. Evaluation of nitrogen solubility and the dacron bag technique as methods for estimating protein degradation in rumen. *J. Anim. Sci.* 58: 714- 724.
- Stock, R., and T. Klopfenstein. 1979. Feeding value of blood meal and meat meal as protein supplement for ruminants. *J. anim. Sci.* 49 (Suppl. 1): 121.
- Stock, R., N. Merchen, T. Klopfenstein and M. poos. 1981. Feeding value of slowly degraded proteins. *J. Anim. Sci.* 53: 1109- 1119.

- Tamminga, S. 1979. Protein degradation in the forestomachs of ruminants. *J. Anim. Sci.* 49 (6): 1615- 1630.
- Teather, R.M., J.D. Erfle, R.J. Boila, and F.D. Sauer. 1980. Effect of dietary nitrogen on the rumen microbial population in lactating dairy cattle. *J. Appl. Bacteriol.* 49: 231.
- Tejada, H.I. 1992. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. Sistema de educación continua en producción animal A.C. México D.F. 397 p.
- Teeter, R.G. and F.N. Owens. 1983. Characteristics of water soluble markers for measuring rumen liquid volume and dilution rate. *J. Anim. Sci.* 56:717- 728.
- Teeter, R.G., F.N Owens and T.I. Mader. 1984. Ytterbium chloride as a marker for particulate matter in the rumen. *J. Anim. Sci.* 58 (2): 465- 473.
- Tolley, E.A., M.W. Tess, T. Johnson and K.R Pond. 1988. Effect of switching diets on growth and digest kinetics of cattle. *J. Anim. Sci.* 66 :2551-2567.
- Tovar, M.R., S.R. Herrera, M.S. González, y R.S. Fernández. 1989. El efecto de la sincronización en la degradación del nitrógeno y el almidón en el rumen sobre el comportamiento productivo de vacas lecheras. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. México, D.F. p 150.
- Uden, P., P.E. Colucci and P.J. Van Soest. 1978. Investigation of three passage markers. Cr, Ce and Co. Annual meeting ASAS. East Lansing, michigan.
- Uden, P., P.E. Colucci, and P.J. Van Soest. 1980. Investigation of chromium, cerium and cobalt as marker in digesta rate of passage studies. *J. Sci. Food Agric.* 31: 625.
- Van Soest, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. O & B Books, Corvallis, Or.
- Varga, G.A. and W.H. Hoover. 1983. Rate and extent of neutral detergent fiber degradation of feedstuffs in situ. *J. Dairy Sci.* 66: 2109-2115.
- Waldo, D.R., R.W. Miller, M. Okomoto, and L.A Moore. 1965. Ruminant utilization of silage in relation to hay, pellet and hay plus grain. II. Rumen content, dry matter passage and water intake. *J. Dairy Sci.* 48: 1473.

- Weakley, D.C., M.D. Stern and L.D. Satter. 1983a. Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen. J. Anim. Sci. 56: 493-507.
- Weakley, D.C. and F.N. Owens. 1983b. Influence of roughage level on soybean meal protein degradation and microbial protein synthesis in the rumen. Chapter III. Ph. D. Thesis. Oklahoma State University, Stillwater.
- Weakley, D.C. and F.N. Owens. 1983c. Influence of ammonia concentration and organic acids on microbial protein synthesis in the rumen of steers. Chapter IV. Ph. D. Thesis. Oklahoma State University, Stillwater.
- Wohlt, J.E., C.J. Sniffen and W.H. Hoover. 1973. Measurement of protein solubility in common feedstuffs. J. Dairy Sci. 56: 1052.
- Yokoyama, M.T. and K.A. Johnson . 1988. Microbiology of the rumen and intestines. In: The Ruminant Animal. Digestive Physiology and nutrition. Chapter 7. pp 125-144. D.C. Church, Ed. Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey.
- Zinn, R.A., L.S. Bull, and R.W. Hemken. 1981. degradation of supplemental proteins in the rumen. J. Anim. Sci. 52: 857-866.
- Zinn, R.A., and F.N. Owens. 1993. Ruminal escape protein for lightweight feedlot calves. J. Anim. Sci. 71: 1667-1687.

APENDICE

A 1

ALEATORIZACION DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES A LOS TRATAMIENTOS EN EL EXPERIMENTO 1.

PERIODO/ANIMAL	413	395	339	425
1	C	A	D	B
2	B	D	C	A
3	A	C	B	D
4	D	B	A	C

A: Urea; B: Pasta de soya; C: Harina de carne y hueso; D: Harina de pescado.

PESO VIVO (kg) DE LOS ANIMALES EN EL EXPERIMENTO 1.

PERIODO	A 413	A 395	A 339	A 425
1	352	345	356	374
2	348	331	358	387
3	361	345	369	406
4	367	344	378	419
PROMEDIO	357	341	365	397

CONSUMO DE NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON DIETAS BASADAS EN MAIZ,
 POLLINAZA Y DIFERENTES FUENTES PROTEICAS (EXPERIMENTO 1),

VARIABLE	TRATAMIENTOS					EEM
	UREA	PASTA DE SOYA	HARINA DE CARNE	HARINA DE PESCADO	MEDIA ¹	
PESO (kg)	367.7	358.7	368.5	365.0	364.9	3.8324
MATERIA SECA (kg)	6.7	6.7	7.3	6.9	6.9	0.2299
CONSUMO AJUSTADO ² (%)	1.8	1.9	2.0	1.9	1.8	0.0518

¹ Medias de cuadrados mínimos (n= 4).

² Consumo de materia seca como porcentaje del peso vivo.

CONSUMO DE MATERIA SECA EXPRESADO COMO PORCENTAJE DEL PESO VIVO. (EXPERIMENTO 1).

PERIODO	POLLINAZA	PASTA DE SOYA	HARINA DE CARNE	HARINA DE PESCADO
1	1.56	2.06	2.13	1.97
2	2.22	2.06	1.89	1.56
3	1.84	1.80	1.70	2.16
4	1.67	1.60	2.22	1.87
PROMEDIO	1.8	1.9	2.0	1.9

VALORES DE pH Y CONCENTRACION DE N-NH₃ EN NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS
CON DIETAS BASADAS EN MAIZ, POLLINAZA Y DIFERENTES FUENTES PROTEICAS
(EXPERIMENTO 1).

TRATAMIENTO	HORAS POSPRANDIALES			MEDIA ¹	EEM
	0	6	12		
	pH				
UREA	6.58a	6.38a	5.96b	6.33	0.0369
PASTA DE SOYA	6.74a	6.33b	6.02c	6.33	0.0369
HARINA CARNE	6.76a	6.29b	6.04c	6.36	0.0369
HARINA PESCADO	6.74a	6.36b	6.15c	6.43	0.0369
EEM	0.0319	0.0319	0.0319	0.0319	
	N-NH ₃ mg/100 ml				
UREA	5.51a	21.28b	8.10a	11.63d	0.6714
PASTA DE SOYA	4.69a	13.38b	8.15a	8.74e	0.6714
HARINA CARNE	3.25a	11.52b	5.74a	6.84e	0.6714
HARINA PESCADO	4.05a	11.71b	5.69a	7.15e	0.6714
EEM	0.5815	0.5815	0.5815	0.5815	

¹ Medias de cuadrados mínimos.

EEM: Error estandar de la media (n= 4).

abc: Valores con literal diferente en renglón difieren (P<0.05).

de: Medias con literal diferente en columna difieren (P<0.05).

DESAPARICION in situ DE LA MATERIA SECA (%) (EXPERIMENTO 1).

SUSTRATO	HORAS DE INCUBACION										MEDIA ¹	EEM
	0	2	4	8	12	24	48	72				
POLLINAZA	40.4f	45.0ef	50.6de	55.8d	68.7c	75.0b	86.1a	90.3a	63.98h	0.7887		
PASTA DE SOYA	33.2f	40.5e	44.1e	56.9d	68.4c	79.5b	92.9a	96.8a	64.04h	0.7887		
HARINA CARNE	24.4b	37.0ab	38.4a	38.8a	41.4a	40.3a	40.6a	41.6a	37.80i	0.7887		
HARINA PESCADO	13.7c	16.8c	16.4c	17.7c	19.1c	19.3bc	24.9ab	30.4a	19.77j	0.7887		
MEDIA ¹	29.9g	34.8f	37.3f	42.2e	49.3d	53.5c	61.1b	64.7a	46.4	1.1155		

¹ Medias de cuadrados mínimos (n= 4).

EEM: Error estandar de la media.

abcdefg: Valores con literal diferente entre columnas difieren (P<0.05).

hij: Valores con literal diferente entre renglones difieren (P<0.05).

DESAPARICION *in situ* DE LA MATERIA ORGANICA (EXPERIMENTO 1).

SUSTRATO	HORAS DE INCUBACION										EEM
	0	2	4	8	12	24	48	72	MEDIA ¹	EEM	
POLLINAZA	31.1e	36.9de	42.6cd	48.3c	63.9b	70.6b	84.0a	90.1a	58.4i	0.9309	
PASTA DE SOYA	28.5f	35.7ef	38.7e	52.8d	66.8c	77.4b	92.3a	96.9a	61.1h	0.9309	
HARINA CARNE	37.5c	50.5c	21.2c	53.2bc	56.3bc	57.2bc	57.3bc	58.8a	52.7j	0.9309	
HARINA PESCADO	12.9d	17.0cd	15.6cd	18.4cd	20.2cd	20.4c	27.9b	37.2a	21.2k	0.9309	
MEDIA ¹	27.5g	35.0f	37.0f	43.1e	51.7d	56.4c	63.3b	70.7a	48.3	1.3165	

¹ Medias de cuadrados mínimos (n= 4).

EEM: Error estandar de la media.

abcdefg: Valores con literal diferente entre columnas difieren (P<0.05).

hijk: Valores con literal diferente entre renglones difieren (P<0.05).

ALEATORIZACION DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES A LOS TRATAMIENTOS (EXPERIMENTO 2).

PERIODO	A 415	A 347	A 411	A 381
1	A	B	C	D
2	D	A	B	C
3	C	D	A	B
4	B	C	D	A

A: Urea.

B: Pasta de soya.

C: Harina decarne y hueso.

D: Harina de pescado.

PESO VIVO (kg) DE LOS ANIMALES (EXPERIMENTO 2).

PERIODO	A 415	A 347	A 411	A 381
1	356	361	342	326
2	380	372	340	328
3	401	385	371	337
4	411	392	373	349
PROMEDIO	387	378	357	335

CONSUMO DE NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON DIETAS BASADAS EN MAIZ, POLLINAZA Y DIFERENTES FUENTES PROTEICAS (EXPERIMENTO 2).

VARIABLE	TRATAMIENTOS				EEM	
	UREA	PASTA DE HARINA DE SOYA	HARINA DE CARNE	HARINA DE PESCADO		MEDIA ^a
MS1 (kg)	6.80	6.56	6.36	6.74	6.62	0.4367
AGUA (l)	23.62	21.17	21.60	23.02	22.35	1.5148
MS/PV2 (%)	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	0.1076
AGUA/MS3 (l/kg)	3.47	3.41	3.56	3.43	3.47	0.0976

^a medias de cuadrados minimos (n= 4).

EEM: error estandar de la media.

1 MS: Materia seca

2 Consumo de materia seca como porciento del peso vivo.

3 Consumo de agua por unidad de materia seca.

CONSUMO DE MATERIA SECA EXPRESADO COMO PORCENTAJE DEL PESO VIVO. (EXPERIMENTO 2).

PERIODO	POLLINAZA	PASTA DE SOYA	HARINA CARNE	HARINA PESCADO
1	1.68	1.94	1.77	1.90
2	1.90	1.55	1.98	1.73
3	1.89	2.00	1.82	1.70
4	2.02	1.75	1.42	2.04
MEDIA	1.9	1.8	1.8	1.8
EEm	0.1076	0.1076	0.1076	0.1076

MEDIA: medias de cuadrados mínimos, EEM: Error estandar de la media.

PH DE LIQUIDO RUMINAL DE NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON DIETAS A
BASE DE MAIZ, POLLINAZA Y DIFERENTES FUENTES PROTEICAS (EXPERIMENTO 2)

TRATAMIENTO	HORAS POSPRANDIALES										EEM
	0	2	4	6	8	10	12	24	MEDIA	1	
UREA	6.5a	6.5a	6.6a	6.5a	6.3a	6.1b	5.8c	6.2a	6.3f	0.028	7
PASTA DE SOYA	6.6a	6.5a	6.3ab	6.1b	6.0bc	5.8c	5.8c	6.2ab	6.1g	0.028	7
HARINA DE CARNE	6.7a	6.6a	6.5ab	6.3b	6.1bc	6.0c	5.9c	6.5ab	6.3f	0.028	7
HARINA DE PESCADO	6.6a	6.7a	6.6a	6.4ab	6.2b	6.1c	5.8d	6.1c	6.3f	0.028	7
MEDIA ¹	6.58a	6.59a	6.50a	6.33b	6.16c	5.99d	5.82e	6.2bc	6.28	0.040	6

¹: medias de mínimos cuadrados (n= 4).

EEM: error estandar de la media.

abcde: Valores con literal diferente entre columnas difieren (P<0.05).

fg: Valores con literal diferente entre renglones difieren (P<0.05)

PRODUCCION DE NH₃-N (mg/100ml) EN NOVILLOS BRAHMAN ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE MAIZ, POLLINAZA Y DIFERENTES FUENTES PROTEICAS (EXPERIMENTO 2).

TRATAMIENTO	HORAS POSPRANDIALES										MEDIA ¹	EEM
	0	2	4	6	8	10	12	24				
UREA	6.1a	22.0d	24.4d	20.8c	16.3b	23.6d	17.5b	7.3a	17.26d	0.7219		
PASTA DE SOYA	6.8a	16.6b	14.0b	17.6b	15.9b	15.9b	15.0b	10.3a	14.00e	0.7219		
HARINA DE CARNE	4.5a	14.6b	14.6b	12.2b	13.0b	12.7b	10.5b	6.5a	11.07f	0.7219		
HARINA DE PESCADO	6.2a	13.6b	13.7b	12.5b	12.6b	13.5b	9.1b	8.6ab	11.19f	0.7219		
MEDIA ¹	5.89a	16.68b	16.65b	15.77b	14.43b	16.42b	13.01b	8.18a	13.38	1.0210		

¹ medias de mínimos cuadrados (n= 4).

EEM: Error estandar de la media.

abcd: Valores con literal diferente entre columnas difieren (P<0.05).

efg: Valores con literal diferente entre renglones difieren (P<0.05).