

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS

**Digestibilidad *In Situ* de Ingredientes Utilizados en la
Alimentación de Rumiantes**

POR:

ANTONIO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Méx

Noviembre de 2004



ÍNDICE GENERAL

	PAG.
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	2
3. HIPOTESIS	2
4. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1 Digestión en los Rumiantes	4
4.2 La Técnica <i>In situ</i> y Factores que Afectan su Aplicación	6
4.3 Secuencia de la Introducción de la Bolsas al Rumen	8
4.4. Porosidad del Material de las Bolsas	9
4.5. Tamaño de Partícula	11
4.6. Relación Tamaño de Muestra y Área Superficial de la Bolsa	13
4.7. Contaminacion Microbiana y Mineral	14
4.8. Microambiente	17
4.9. Efecto de Dieta	19
4.10. Digestibilidad Ruminal de Ingredientes Alimenticios	20
5. MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1. Localización del área de trabajo	25
5.2. Alimentación y manejo de los animales experimentales	25
5.3. Factores de estudio y variables de respuesta	27
5.4. Técnica <i>in situ</i>	27
5.5. Análisis químicos de los ingredientes	29
5.6. Determinación de la digestibilidad <i>in situ</i>	29
5.8. Análisis estadístico	31
6. RESULTADOS Y DISCUSION	34

7. CONCLUSIONES	51
8. RESUMEN	52
9. LITERATURA CITADA	54
10. ANEXOS	59

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Digestibilidades efectivas de materia seca (DEMS) y de proteína cruda (DEPC) cuando muestras de la fuente proteicas se incubaron en el rumen de animales alimentados con dietas conteniendo la proteína de prueba.	22
CUADRO 2. Degradabilidad efectiva de MS y PC de forrajes incubados en el rumen de vacas lecheras lactantes múltiparas.	24
CUADRO 5.2.1 Dieta ofrecida a los novillos fistulados del rumen durante el período experimental.	26
Cuadro 5.3.1. Contenidos de análisis de ingredientes en (%) base materia seca .	27
Cuadro 6.1. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables para la pasta de soya.	37
Cuadro 6.2. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables para la harinolina..	39
Cuadro 6.3. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables para el sorgo grano.	41

Cuadro 6.4. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables para el salvadillo.	43
Cuadro 6.5. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables para la paja de sorgo	45
Cuadro 6.6. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables para el heno de alfalfa.	47
Cuadro 6.7. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables la paja de avena.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 6.1 Digestibilidad In Situ de la Materia Seca de la Pasta de Soya	37
FIGURA 6.2 Digestibilidad In Situ de la Materia Orgánica de la Pasta de Soya	37
FIGURA 6.3 Digestibilidad In Situ de la Fibra detergente Neutro de la Pasta de Soya	38
FIGURA 6.4 Digestibilidad In Situ de la Proteína Cruda de La Pasta de Soya	38
FIGURA 6.5 Digestibilidad In Situ de la Materia Seca de la Harinolina.	39
FIGURA 6.6 Digestibilidad In Situ de la Materia Orgánica de la Harinolina.	39
FIGURA 6.7 Digestibilidad In Situ de la Fibra detergente Neutro de la Harinolina.	40

FIGURA 6.8 Digestibilidad In Situ de la Proteína Cruda de la Harinolina.	40
FIGURA 6.9 Digestibilidad In Situ de la Materia Seca del Sorgo .	41
FIGURA 6.10 Digestibilidad In Situ de la Materia Orgánica del Sorgo.	41
FIGURA 6.11 Digestibilidad In Situ de la Fibra detergente Neutro del Sorgo	42
FIGURA 6.12 Digestibilidad In Situ de la Proteína Cruda del Sorgo	42
FIGURA 6.13 Digestibilidad In Situ de la Materia Seca del Salvadillo .	43
FIGURA 6.14 Digestibilidad In Situ de la Materia Orgánica del Salvadillo .	43
FIGURA 6.15 Digestibilidad In Situ de la Fibra detergente del Salvadillo .	44
FIGURA 6.16 Digestibilidad In Situ de la Proteína Cruda del Salvadillo .	44
FIGURA 6.17 Digestibilidad In Situ de la Materia Seca de la Paja de Sorgo .	45
FIGURA 6.18 Digestibilidad In Situ de la Materia Orgánica de la Paja de Sorgo .	45
FIGURA 6.19 Digestibilidad In Situ de la Fibra detergente de la Paja de Sorgo .	46
FIGURA 6.20 Digestibilidad In Situ de la Proteína Cruda de la Paja de Sorgo .	46
FIGURA 6.21 Digestibilidad In Situ de la Materia Seca del heno de alfalfa.	47
FIGURA 6.22 Digestibilidad In Situ de la Materia Orgánica del heno de alfalfa.	47
FIGURA 6.23 Digestibilidad In Situ de la Fibra detergente del heno de alfalfa.	48

FIGURA 6.24 Digestibilidad In Situ de la Proteína Cruda del heno de alfalfa.	48
FIGURA 6.25 Digestibilidad In Situ de la Materia Seca de la Paja de Avena	49
FIGURA 6.26 Digestibilidad In Situ de la Materia Orgánica de la Paja de Avena..	49
FIGURA 6.27 Digestibilidad In Situ de la Fibra detergente de la Paja de Avena	50
FIGURA 6.28 Digestibilidad In Situ de la Proteína Cruda de la Paja de Avena	50

1. INTRODUCCION

Los sistemas de producción de bovinos productores de carne y leche, en los cuales se finca el aporte de fuentes alimenticias (carne y leche) para una población humana, en continuo crecimiento, someten a una gran presión productiva a estos animales a fin de cumplir con altos rendimientos demandados en la actualidad. Los resultados productivos alcanzados, en estos sistemas, fundamentalmente dependen de la buena alimentación de estos animales (Soto *et al.*, 1983).

En la nutrición de los rumiantes, la proteína y los carbohidratos suministrados en la dieta son los pilares para un desarrollo y nivel de producción adecuados, y así alcanzar una alta eficiencia en los sistemas productivos. Los rumiantes son animales capaces de utilizar una gran diversidad de fuentes de nitrógeno, gracias a la simbiosis establecida con

los microorganismos del rumen (Herrera y Saldaña, 1990). De esta manera, pueden ser digeridos desde compuestos nitrogenados con un gran peso molecular y estructura compleja (proteínas animales) hasta compuestos simples de estructura sencilla (urea).

Gutiérrez (1990) menciona que de acuerdo con la utilización que hace el rumiante de la proteína de la dieta, ésta se puede caracterizar en cuatro fracciones: Proteína cruda (PC), proteína degradada en el rumen (PDR), proteína sobrepasante (PS) y la proteína insoluble en fibra ácido detergente (PIFAD). La extensión de la digestión de la proteína dentro del rumen determina no solamente la cantidad de nitrógeno (N) disponible para los microbios, sino también la que se vuelve disponible para la digestión en el intestino. Es decir, se determina en el rumen las fracciones digeribles e indigeribles.

Actualmente, la alimentación destinada a rumiantes de alta producción requiere de la determinación de estas dos fracción digerible e indigerible de las proteínas en los diversos ingredientes de las dietas con la mayor precisión y confiabilidad posibles. Los métodos mediante los cuales se pueden determinar tales fracciones proteicas, incluyen desde determinaciones *in vitro*, procedimientos enzimáticos en laboratorio, estudios *in vivo* e *in situ* en animales. No obstante existe literatura bien documentada (Noek, 1988, Noek, 1990 y McDonald, 1979) con relación a las ventajas y desventajas de estos métodos y su comparación entre ellos.

Deriva de aquí la importancia y necesidad de aportar información de la digestibilidad de los diferentes alimentos proporcionados a los rumiantes, esto facilita una alimentación que cubra los requerimientos nutricionales en función del nivel productivo deseado. El objetivo del presente trabajo fue la evaluar diferentes ingredientes

alimentos utilizados en la alimentación y nutrición de rumiantes con base a la determinación y estimación de la digestibilidad de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), fibra en detergente neutro (FDN), y proteína cruda (PC).

2. OBJETIVOS GENERALES:

1. Determinar la desaparición ruminal *in situ* de nutrientes de algunos ingredientes utilizados en la alimentación de rumiantes.
2. Determinar la digestibilidad ruminal *in situ* de nutrientes como son: materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), y fibra detergente neutro (FDN), de ingredientes de uso común en la alimentación de rumiantes tales como harinolina, pasta de soya, sorgo, salvadillo, paja de avena, paja de sorgo y heno de alfalfa.

3. Hipótesis

Ha: Los ingredientes utilizados en la alimentación de rumiantes se caracterizan por tener diferentes valores de digestibilidad ruminal .

4. REVISION DE LITERATURA

4.1. Digestión en los Rumiantes

La digestión de los rumiantes es un proceso sin duda alguna importante y característico puesto que todos los alimentos consumidos por éstos son parcialmente degradados por microorganismos presentes en el rumen y acontece previo a una digestión enzimática gástrica e intestinal. Esta acción enzimática microbiana se le conoce como fermentación ruminal y es efectuada por microorganismos estrictamente anaeróbicos (bacterias, protozoarios, hongos) e interacciones existentes entre ellos (Russell *et al.*, 1990). Owens y Goetsch (1988) señalan que esta fermentación es el resultado de las actividades microbiológicas y de las condiciones físicas que transforman los componentes de la dieta a productos aprovechables (ácidos grasos volátiles, proteína microbiana, vitaminas del complejo B), no aprovechables (CH_4 , CO_2) o dañinos (NH_3 ,

nitratos) para el animal. Incluye dos procesos: digestión microbiana de los componentes de la dieta, principalmente carbohidratos y proteínas; y la síntesis de macromoléculas orgánicas para la formación de masa microbiana, como proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos (Tamminga, 1982).

Dichos microorganismos utilizan como sustratos los alimentos consumidos por el animal rumiante, obteniendo de ellos las fuentes de proteína y energía para su crecimiento y actividad. Nocek (1988a) señaló que existe una estrecha y fuerte interacción a nivel ruminal entre las proteínas y los carbohidratos; siendo importante porque cuando se lleva a cabo la fermentación del almidón hay una gran disponibilidad de carbohidratos en el medio ruminal, lo cual genera cantidades significativas de ATP para que los microorganismos utilicen los aminoácidos y el nitrógeno amoniacal derivado de la degradación de la proteína de la dieta. Así, dichas fuentes de nitrógeno son incorporadas eficientemente dentro de las células microbianas, para acrecentar la cantidad de proteína microbiana que es potencialmente digerible en abomaso e intestino delgado.

La digestión ruminal de los alimentos tiene una función central para el animal, tanto porque determina la contribución de proteínas (aminoácidos) y carbohidratos (energía) necesarios para los microorganismos ruminales como también la cantidad de nutrientes que pasan el rumen sin ser degradados (Ørskov *et al.*, 1980a).

Diversos y numerosos son los factores involucrados en la degradación ruminal de los alimentos; algunos factores están relacionados con las características propias de cada alimento, tales como cantidad, tipo y estructura físico-química de las proteínas y carbohidratos. Otros factores se relacionan con el animal mismo, como son especie, estado fisiológico, edad, nivel productivo, etc. Además, es posible considerar factores asociados al medio en que se lleva a cabo el proceso de digestión, específicamente el rumen. Las características del alimento y del ambiente ruminal constituyen, en conjunto, los factores que afectan la digestión ruminal de los alimentos y determinan el grado de degradación.

El conocimiento de estos factores es de suma importancia para la óptima utilización de los alimentos en la nutrición de rumiantes. Los sistemas de evaluación proteínica recientemente desarrollados para rumiantes requieren datos de la degradabilidad de los alimentos proteínicos en el rumen e intestino, los cuales pueden ser estimados por métodos *in vivo*, *in situ*, e *in vitro*.

4.2. La Técnica *in situ* y Factores que Afectan su Aplicación

La técnica de la bolsa de nylon propuesta por Quin *et al.* (1938, citados por Mehrez y Ørskov, 1977), permite estimar la degradabilidad de los nutrientes. Consiste en colocar muestras de alimento en bolsas hechas de material indigestible (nilón, dacrón o seda) en

el rumen de animales fistulados. La degradabilidad se mide por la desaparición de materia seca o contenido de nutrientes después de un período específico de incubación. Aunque, Broderick *et al.* (1991) mencionan que la tesis de que el sustrato que desaparece de la bolsa ocurre por efecto de la degradación no es totalmente cierta en vista de la resistencia de algunas proteínas solubles a la degradación y que dependiendo del tamaño de poro de las bolsas de nilón, éstas puedan salir sin ser eventualmente degradadas. Generalizando, se puede afirmar que no existe mejor manera de simular el ambiente ruminal (temperatura, pH, sustrato buffer, enzimas) dentro de un régimen alimenticio específico que pueda ser posibilitado por algún otro método usado actualmente.

La técnica de la bolsa de nilón o fibra sintética ha sido utilizada por varios años para estimar la degradación de los alimentos en el rumen (Van Keuren y Heinemann, 1962; Mehrez y Ørskov, 1977; Uden y Van Soest, 1984). Esta técnica presenta algunas ventajas con respecto a otras técnicas, como son rapidez, bajo costo, evaluación de un gran número de ingredientes en menor tiempo (Ha y Kennelly, 1984). Se le considera una valiosa herramienta para la evaluación inicial de los alimentos y nos permite mejorar el entendimiento del proceso de degradación que ocurre dentro del rumen (Ørskov *et al.*, 1980b).

Ørskov *et al.* (1980b) mencionan tres notables limitantes de la técnica *in situ*. Primero, dado que la muestra está contenida dentro de la bolsa no queda expuesta a

mecanismos de disminución de las partículas alimenticias por la masticación y rumia.

Segundo, la muestra contenida en la bolsa no tiene la posibilidad de abandonar el rumen al igual que los contenidos del rumen de similar tamaño de partícula. Tercero, en realidad lo que se mide es la reducción del material a un tamaño suficientemente pequeño para abandonar la bolsa y no necesariamente una degradación completa a componentes químicos evidentemente más sencillos.

Dentro de los factores que afectan a dicha técnica se pueden mencionar: el método de colocación de las bolsas en el rumen (Playne *et al.*, 1978), la variación animal (Mehrez y Ørskov, 1977), la dieta del animal y tamaño de partícula de la muestra (Mohamed y Smith, 1977), la relación de tamaño de muestra a área superficial de la bolsa (Uden *et al.*, 1974), la porosidad del material de la bolsa (Van Hellen y Ellis, 1977; Stern *et al.*, 1978), secuencia de la introducción de las bolsas al rumen, contaminación de N bacteriano y variación de vaca y tiempo (Nocek, 1985), la colonización microbiana de las partículas alimenticias (Mathers y Aitchinson, 1981; Rooke *et al.*, 1984), la contaminación mineral en las bolsas (van Milgen *et al.*, 1992a) y el microambiente dentro de las bolsas de fibra sintética (Trabalza-Marinucci *et al.*, 1992). Resulta difícil jerarquizar en cuanto a la importancia de su influencia en la técnica a las diversas variables involucradas, puesto que son muy variables sus efectos; para Kempton (1980), por ejemplo, la principal fuente de variación es la composición de la dieta básica y el nivel al cual se ofrece ésta a los animales utilizados en los estudios. De cualquier manera, un mejor entendimiento de los mecanismos que controlan o influyen estos factores podría ser útil en el establecimiento

de un procedimiento estándar potencialmente factible de ser aplicado en un amplio rango de condiciones diferentes.

4.3. Secuencia de la Introducción de la Bolsas al Rumen

Nocek (1985) evaluó el efecto de introducir las bolsas al rumen con diferentes secuencias en la digestión de la materia seca (MS) y nitrógeno (N) de la pasta de soya. Las bolsas se introdujeron al rumen de dos diferentes maneras: 1) todas las bolsas se introdujeron al mismo tiempo, y 2) las bolsas fueron introducidas a tiempos diferentes. El introducir las bolsas a un mismo tiempo propicia que tengan que ser retiradas a diferentes momentos de acuerdo a tiempos de incubación ruminal específicos. Si las bolsas se introducen a tiempos diferentes serán retiradas todas a un mismo tiempo. Este autor encontró que al introducir las bolsas al rumen a intervalos diferentes y extraerlas como un grupo al mismo tiempo resultó en una tasa constante de desaparición de MS y N más rápida en relación a introducir las bolsas a un mismo tiempo y retirarlas a tiempos diferentes. Se recomienda introducir las bolsas al rumen a intervalos diferentes y retirarlas a un mismo tiempo todas en grupo (Nocek, 1990).

4.4. Porosidad del Material de las Bolsas

La porosidad del material de la bolsa tiene la finalidad de evitar la entrada de contenido ruminal no asociado con el alimento evaluado y permitir la entrada de las

poblaciones microbianas para que efectúen su tarea fermentativa y, al mismo tiempo, restringir la salida de partículas alimenticias no degradables (Nocek, 1988b). Nocek (1985) mencionó que la desaparición de MS y N de la pasta de soya se incrementó ante el aumento del tamaño de poro de la bolsa. Porosidades de la bolsa de 80 y 102 μm resultaron en una mayor desaparición de MS que tamaños de poro más pequeños, pero no fueron diferentes entre sí. Weakley *et al.* (1983) mostraron una menor desaparición de MS y N de la pasta de soya y granos de destilería de bolsas con poro de 5 μm en comparación con bolsas de dacrón de tamaño de poro 52 μm , sin considerar el tiempo de residencia ruminal. Señalaron que mucha de esta diferencia se estableció en la primera hora de incubación.

Diversas compañías dedicadas a la fabricación de bolsas especiales para este tipo de estudios, difieren en el tamaño de poro del material de la bolsa. Existen pocos experimentos comparando el uso de bolsas de tela con apertura definida (Tetko) y tejida (Dacron) como factores que afectan la desaparición de los substratos de la bolsa. Van Hellen y Ellis (1977) encontraron que las bolsas hechas de nilón tejido con tamaños de poro de 75 μm , 100 μm , o 100 μm x 135 μm permitió el influjo de fibra detergente neutro (FDN) de la digesta hacia las bolsas y rindieron bajas y erráticas digestibilidades. Uden *et al.* (1974) notaron un influjo de contenidos del rumen hacia las bolsas de nilón con un tamaño de poro específico de 35 μm . Tralalza-Marinucci *et al.* (1992) encontraron, al hacer comparaciones entre bolsas Tetko y Dacron, que los valores de DMS y

desaparición de celulosa (DC) fueron mayores cuando se usaron bolsas Dacron que cuando se usaron bolsas Tetko, aún cuando el total de área abierta fue considerablemente menor para bolsas Dacron (5 a 6% para Dacron y 30% para Tetko). La tela Tetko tiene un tamaño de poro definido, lo que significa que los poros son uniformes y no cambian con el estrés mecánico, Contrariamente, las fibras Dacron parecen ser afectadas por la presión física, y después de la incubación el tamaño de los poros parece ser mucho más variable.

Los tamaños de poro del material de las bolsas, de acuerdo con la literatura, varían de 10 a 120 μm , por lo que es conveniente analizar el tamaño de poro del material de la bolsa a utilizar. Es difícil precisar los límites de porosidad de la bolsa, siendo éstos dependientes, más probablemente, del tamaño de partícula y de la naturaleza de la muestra evaluada. El rango de 40 a 60 μm como tamaño de poro parece ser adecuado pues permite el influjo microbiano y limita el escape de material contenido en la bolsa (Nocek, 1988b y 1990).

4.5. Tamaño de Partícula

El tamaño de partícula tiene un efecto importante en la degradabilidad de la muestra puesto que ésta no ha sido expuesta a la masticación ni ha sufrido el proceso de

rumia. Generalmente, los materiales más grandes y toscos están asociados con tasas de digestión más bajas y de mayor variación. Sin embargo, materiales finamente molidos son más susceptibles de pérdida (lo que conduce a tasas de digestión rápidas e irreales), pero la variación está más controlada (Nocek, 1988b).

Weakley *et al.* (1977) indicaron que la degradación de MS y N de la pasta de soya fue menor con un tamaño de partícula tosco (2000 μm) que con un tamaño de partícula fino (520 μm). Ehle *et al.* (1982) mostraron tasas de digestión de N para diversos ingredientes alimenticios que no fueron afectados por el tamaño de partícula de la muestra alimenticia (1180, 600, 300, 150 μm) con un tamaño de poro de la bolsa de 70 μm y 20 g de muestra. Nocek (1985) no encontró diferencia en las tasas de digestión de MS o N para pasta de soya, molida o sin moler (0.5 ó 1.5 mm) e incubada en bolsas con tamaño de poro de 59 μm .

Es difícil establecer cuál tamaño de partícula es el más apropiado para ser usado en estudios de degradabilidad *in situ* puesto que no se han conducido trabajos cuyos objetivos sean precisamente establecer correlaciones entre digestión *in vivo* e *in situ* en relación al tamaño de partícula (Nocek, 1988b). Sin embargo, es posible emitir algunas recomendaciones; para evaluar suplementos proteínicos-energéticos, un molido de 2 mm es adecuado (Nocek, 1990), puesto que puede reducir la variación entre repeticiones. Para el caso de materiales toscos y subproductos fibrosos se recomienda un molido de 5

mm. Ensilajes y otros forrajes húmedos (<60% MS) deberán ser secados al aire o por congelación hasta obtener entre 60 y 70% MS antes de ser molidos. Este molido sirve también para establecer uniformidad y reducir la variación en el muestreo y tasa de digestión.

4.6. Relación Tamaño de Muestra a Área Superficial de la Bolsa

El tamaño de muestra óptimo es aquel que proporciona cantidad residual suficiente al término de la incubación en el rumen para el análisis químico correspondiente sin sobrellenar tanto la bolsa que retarde la adhesión y ataque microbianos, incrementa el tiempo lag y subestima la tasa de degradación (Nocek, 1988b).

Uden *et al.* (1974) indicaron la importancia de una relación crítica de tamaño de muestra a tamaño de bolsa para la digestión *in situ*. Uden y Van Soest (1984) señalaron que la digestibilidad de las paredes celulares disminuyó de 54 a 38% cuando la relación mencionada se incrementó de 6.5 a 50 mg/cm². Asimismo Van Keuren y Heinemann (1962) habían señalado un descenso en la digestión de MS al incrementarse dicha relación, especialmente a las 24 y 48 h de incubación ruminal para alfalfa, pastos Orchard y Sudán. Uden *et al.* (1974) sugirieron una relación de masa superficial a área de 3.5 mg/cm², el cual está debajo del máximo de 10 mg/cm² usado para forrajes por Van Hellen y Ellis (1977), posteriormente Uden y Van Soest (1984) recomiendan no más de 6 ó 7

mg/cm². Empero, una relación de masa a área para concentrados no ha sido establecida (Varga y Hoover, 1983). Una relación tamaño de muestra a área superficial de la bolsa de 12.6 mg/cm² es comparable positivamente con estimaciones *in vivo* de la digestión ruminal de N reportados por la literatura (Nocek, 1985), pero considerar un rango de 10 a 20 mg/cm² para esta relación resulta conveniente, pudiéndose utilizar para la mayoría de los ingredientes tipo concentrado y forraje (Nocek, 1990).

4.7. Contaminación Microbiana y Mineral

Diversos investigadores (Kennedy *et al.*, 1984; Mathers y Aitchinson, 1981; Nocek, 1987; Nocek y Grant, 1987) demostraron la presencia de contaminación microbiana en residuos de alimentos después de la suspensión en el rumen de bolsas conteniendo a éstos, lo que conduce a una subestimación de la degradabilidad de la proteína incrementando el N residual dentro de las bolsas de incubación (Mathers y Aitchinson, 1981; Rooke *et al.*, 1984); sin embargo, el grado de contaminación parece variable.

Usando marcadores ¹⁵N y ácido diaminopimérico (DAPA), Varvikko y Lindberg (1985) encontraron gran contaminación y concluyeron que la colonización microbiana es una fuente importante de error cuando se está estimando la degradabilidad de la proteína en forrajes y fuentes de almidón por la técnica de la bolsa de nilón. El N bacteriano como un porcentaje del N total en el residuo mostró una respuesta cuadrática (Nocek, 1985),

alcanzando el pico a las 12 h de exposición ruminal. Los datos provenientes Sw este trabajo sugieren que las bacterias se unen a las partículas de alimento a una tasa rápida hasta las 12 h, posteriormente desciende. Estas características pueden estar en función de sitios de adhesión limitantes para digestión continua y/o disponibilidad de sustrato (Latham *et al.*, 1978).

Olubobukun *et al.* (1990) indicaron que la extensión de la contaminación puede ser hasta del 95% para PC y 20% para MS. Wanderley *et al.* (1993) realizaron un trabajo para determinar el error asociado con la colonización microbiana de los residuos alimenticios en la estimación de la degradabilidad ruminal de la proteína en grano de maíz, hojas de maíz y heno de alfalfa. La adhesión bacteriana a los forrajes fue rápida durante las primeras 12 a 24 h de incubación, pero la tasa de adhesión disminuyó entre 24 y 48 h. Sin embargo, la contaminación estimada de N residual, la mayoría de las veces, se duplicó entre 12 y 48 h. Se observó que la contaminación celular bacteriana expresada como un porcentaje de la MS residual presentó un patrón cuártico. Puntos de rompimiento en el grado de contaminación aparecieron entre 12 y 24 h de incubación, sugiriendo que la colonización microbiana depende de la disponibilidad de sustrato. El gran incremento en la contaminación microbial después de 24 h podría haber sido porque la pérdida de sustratos disminuyó la dilución de los microbios (Nocek, 1985).

Los ingredientes concentrados generalmente tienen poca contaminación microbiana (5 a 10% del N residual, Mathers y Aitchinson, 1981; Mehrez y Ørskov, 1987;

Varvikko y Lindberg, 1985). Wanderley *et al.* (1993) concluyen que la colonización microbiana en forrajes y granos expuestos a fermentación ruminal *in situ* afecta las estimaciones de la extensión y tasa de degradación de N en los alimentos y pueden resultar grandes errores especialmente para alimentos bajos en proteína.

van Milgen *et al.* (1992a) encontraron gran contaminación mineral de bolsas de dacrón después de 42 d de incubación ruminal en novillos alimentados con heno de alfalfa; sin embargo, encontraron poca contaminación mineral en bolsas incubadas en el rumen de novillos alimentados con una dieta de concentrado. van Milgen *et al.* (1992b) realizaron otro estudio con cinco forrajes (alfalfa, rastrojo de maíz, pasto Orchard, paja de arroz y residuo de soya) a fin de caracterizar de manera más amplia la contaminación mineral y determinar la tasa a la cual se lleva a cabo. De estos dos trabajos se evidencia que la dieta juega un importante papel en dicha contaminación puesto que, por un lado, se encontró poca contaminación en las bolsas incubadas en novillos alimentados con concentrado, por otro lado, ésta fue mayor en las bolsas incubadas en novillos alimentados con forrajes.

Los depósitos minerales aparentemente llenan los espacios existentes entre las fibras de dacrón y llegan a constituir, en algunos casos, densos depósitos (van Milgen *et al.*, 1992b). Los minerales no solamente se depositaron como cristales individuales sino que también cubrieron las fibras de dacrón, porque impresiones de la malla de fibra permanecieron visibles después de ser incineradas. Los análisis de rayos-X de energía

dispersiva de los cristales indicaron que Ca fue el elemento más abundante (79.6%), seguido por P (19.2%), Si (1.5%) y K (0.6%). Emanuele *et al.* (1991) señalaron que el rumen es el sitio de mayor liberación para todos los minerales estudiados en su trabajo (Ca, Mg, K, P y Zn). Indicaron que los forrajes de baja digestibilidad de MS no necesariamente tienen bajos coeficientes de liberación mineral. Algunas especies de forrajes teniendo valores de desaparición de MS en bolsa móvil *in vitro* entre 48 y 53%, liberaron casi 80% de su Ca, 84% de su P, 91% de su Mg, y 99% de su K durante el proceso total de digestión.

Ward *et al.* (1979) identificaron a Ca, Si y K como los elementos mayores de cristales apareciendo en las heces de vacas alimentadas con alfalfa. La mayoría de estos cristales fueron ya sea oxalato de calcio, oxalato de potasio o una combinación de éstos. van Milgen *et al.* (1992b) concluyeron que la contaminación mineral puede ser extensiva durante estudios de incubación ruminal de largo plazo. Sin embargo, la mayoría de los estudios son relativamente cortos por lo que no se anticipa contaminación mineral significativa dentro de los primeros 7 días de incubación ruminal.

4.8. Microambiente

La incubación ruminal de ingredientes contenidos en bolsas de fibra artificial o sintética propicia que se presenten características singulares en el interior de estas

bolsas, lo que se le ha denominado como microambiente. Resultados de estudios *in vitro* indican que el microambiente dentro de las bolsas de fibra sintética puede diferir marcadamente del ambiente del medio de incubación. Aunque las fuerzas físicas actuando en la bolsa cuando es incubada en un frasco son probablemente muy diferentes de aquellas en el rumen, este procedimiento permite una comparación directa de la digestibilidad del sustrato dentro y fuera de la bolsa bajo condiciones controladas.

Una de las características singulares observadas de este microambiente que se genera en las bolsas de incubación ruminal es la producción de gas, la cual ha sido manifestada por diversos autores, pero bajo condiciones experimentales también variables. Uden *et al.* (1974) observaron una ausencia de liberación de gas de las bolsas con tamaños de poro variando de 25 a 30 μm , tanto *in vitro* como *in vivo*. Por otro lado, Van Hellen y Ellis (1977) y Weakley *et al.* (1983) no observaron producción de gas, incluso en bolsas con tamaños de poro tan pequeños como 0.2 μm . Trabalza- Marinucci *et al.* (1992) señalan como una explicación posible para los resultados presentes en estudios *in vitro* en relación a la acumulación de gas el que las bolsas incubadas en frascos no están sujetas a ningún tipo de presión o movimiento físico diferente al de agitación manual. En el rumen, las bolsas son continuamente agitadas y compresionadas por los contenidos del rumen durante las contracciones ruminales. Este tipo de acción física y presión puede ser necesaria para remover el material que bloquea los poros o puede simplemente forzar el gas a través de los poros.

Los resultados del trabajo de Tralalza-Marinucci *et al*, (1992) indican que la acumulación de gas en las bolsas de fibra sintética con una apertura definida de tamaño de poro de 50 μm ocasiona una reducción en la desaparición *in vitro* de la materia seca. Este descenso parece ser causado por pH reducido lo que resulta del poco o ningún intercambio de líquido con el medio circundante. Este problema también existe cuando incubaciones *in situ* son conducidas en novillos alimentados con grano. Sin embargo, cuando los novillos son alimentados con forraje, los efectos físicos de la presión y masaje por los contenidos del rumen parecen superar este problema.

4.9. Efecto de Dieta

La dieta básica del animal fistulado tiene un importante efecto en la tasa de digestión de MS del ingrediente a evaluar (Kempton, 1980). En borregos alimentados con una dieta de alfalfa picada, se observó que la digestión de MS de la cáscara de arroz ocurrió en menor tiempo en comparación con borregos recibiendo una dieta de melaza líquida y 100 g/d de paja de trigo. Este autor sugiere que los animales fistulados reciban dietas uniformes cuando sean utilizados para determinar la tasa de digestión de ingredientes alimenticios específicos. Nocek (1990) menciona que no obstante que otros investigadores indican que se debe utilizar una dieta para mantenimiento para los animales fistulados empleados en los estudios de degradabilidad *in situ*, resulta mejor relacionar la tasa de digestión de vacas altas productoras a raciones que puedan

alimentar precisamente a este tipo de animales. O bien, en otras palabras, emplear como sujetos experimentales, el tipo de animal para el cual la determinación de la tasa de digestión será aplicada.

Kempton (1980;) y Nocek (1988b;) propusieron una guía metodológica para una adecuada aplicación de la técnica *in situ* para estudios de degradabilidad ruminal de los alimentos para rumiantes. Sin embargo, un problema serio asociado con esta técnica es la falta de un método estándar que sea consistente y preciso y que permita la obtención de resultados confiables y repetibles (Denham *et al.*, 1989). Stern y Satter (1984) señalan que es importante que cada laboratorio estandarice su procedimiento, acorde a ciertos lineamientos y, además, las comparaciones entre laboratorios deben realizarse con suma cautela.

4.10. Digestibilidad Ruminal de Ingredientes Alimenticios

4.10.1 Digestibilidad *in situ* de la FDN

Varga y Hoover (1983) al analizar la tasa y extensión de digestión de la fibra en detergente neutro *in situ* de diversos alimentos utilizados en la alimentación de rumiantes encontraron que la extensión de la digestión de FDN estuvo negativamente relacionada a la FDN ($r = -0.53$, $P < 0.01$) y no existieron relaciones significativas entre la extensión de la digestión de FDN y la PC soluble, la tasa de degradación de FDN o el tiempo lag. La tasa

de digestión de FDN no estuvo relacionada a ninguna de las características químicas (FDA, PC, PC soluble, MS) del alimento ni a ninguna medida de la digestión. La relación más alta encontrada fue entre la extensión de la digestión de FDN y la extensión de la digestión de MS. Estos autores mencionaron que alimentos con tasas rápidas de degradación de FDN no necesariamente tienen altos porcentajes de degradación total de FDN .

4.10.2 Digestibilidad *in situ* de la PC y MS

Kirkpatrick y Kennelly (1987) evaluaron la digestibilidad *in situ* de PC y MS de varias fuentes de proteína en forma individual y como integrantes de una dieta total. Las fuentes de proteína analizadas fueron pastas de soya (PS) y de canola (PC) y harina de carne y hueso (HCH) con estos ingredientes se realizaron las pruebas en vaquillas Holstein alimentadas con dietas que incluían estas fuentes y que variaron en el nivel de PC. La digestibilidad efectiva de MS para la harina de carne y hueso (HCH) en animales alimentados con una dieta suplementada con esta fuente proteica y con un nivel de PC de 16.5% (HCH16.5) fue más baja que las otras fuentes proteicas. La digestibilidad efectiva de la PC para pastas de canola (PC) y de soya (PS) tendió a incrementarse cuando el porcentaje de proteína en la dieta se aumentó (63.2, PC16.5 vs 72.0, PC19 y 60.2, PS16.5 vs 64.4, PS19; **Cuadro 3**). En este experimento, asumiendo una tasa de flujo fraccional de 0.05/h, la PC de HCH fue la menos degradable, PS fue intermedia y la PC tuvo el valor más alto de digestibilidad efectiva de PC.

CUADRO 1. Digestibilidades efectivas de materia seca (DEMS) y de proteína cruda (DEPC) cuando muestras de la fuentes proteicas se incubaron en el rumen de animales alimentados con dietas conteniendo la proteína de prueba.

Dieta y fuente proteínica incubadas^a

Item ^b	B14	PC16.5	PS16.5	HCH16.5	PC19	PS19	SE ^c
DEMS	74.1 ^d	63.0 ^e	66.6 ^{de}	39.0 ^f	64.2 ^e	69.4 ^{de}	2.05
DEPC	73.1 ^d	63.2 ^d	60.2 ^d	45.9 ^e	72.0 ^d	64.4 ^d	3.45

Modificado de Kirkpatrick y Kennelly (1987)

^a Cebada fue incubada en animales alimentados con B14; pasta de canola en PC16.5 y PC19; pasta de soya en PS16.5 y PS19, y harina de carne y hueso en HCH16.5.

^b Las digestibilidades efectivas de materia seca y proteína cruda son calculadas en la base tasas de flujo de sólidos de 0 .05/h.

^c Error estándar de la media.

^{d,e,f} Medias en la misma hilera con una letra diferente en sus superíndices difieren ($P \leq 0.05$).

Janicki y Stallings (1988) evaluaron la digestibilidad de la PC de diversos forrajes ensilaje de alfalfa de cinco silos verticales convencionales (AS-CU); ensilaje de alfalfa de silos con oxígeno-limitante (EA-OL); heno de alfalfa (HA); ensilaje de maíz (EM); ensilaje de maíz tratado con amoníaco (EM-T), y heno de pasto Orchard (HPO)]. Estos investigadores encontraron que la digestibilidad *in situ* estimada de la proteína cruda fue la más baja para HPO (54.1%), intermedio para HA (71.5%) y la mayor para los forrajes ensilados (EA-OL, 80.9%; EM-T, 81.4%; EM, 82.2%; EA-CU, 84.9%). Como puede notarse la digestibilidad de la PC *in situ* fue superior al 80% para todos los forrajes ensilados lo cual indica una digestión extensiva. El heno de alfalfa se degradó en menor extensión que los ensilajes pero fue marcadamente mayor que el heno de pasto Orchard. Sin embargo, estos resultados, no son reportados bajo corrección hecha para

contaminación microbiana y, además, no se determinó la tasa de recambio ruminal, sino que se optó por la tasa más comúnmente citada por la literatura relativa al estudio, $K_r=0.05/h$.

Petit y Tremblay (1992) determinaron la digestibilidad de pasto fresco o recién cortado (GRA) y de pasto seco y analizaron los cambios en digestibilidad de la MS y PC de forrajes bajo diferentes métodos de cosecha. En este trabajo sí se midió la tasa de flujo sólido a 2, 5 y 8% por hora para determinar la degradabilidad efectiva de la materia seca (DEMS) y de la proteína cruda (DEPC). La DEMS de GRA fue similar a la del heno, pero menor que las de pasto seco y ensilaje. La DEMS del ensilaje fue superior a las de pasto seco y heno. Diferencias entre ensilajes no fueron significativas a una tasa de flujo sólido de 2%/h, pero las DEMS a 5 y 8%/h fueron más altas para HCS que para RBS, y la DEMS a 8%/h de HCS fue superior que la de HSS (Cuadro 3). La DEPC de GRA fue similar a la del pasto seco y heno para las tres tasas de flujo sólido. La DEPC del ensilaje fue superior la del pasto seco, GRA y heno. La DEPC medida a 2%/h fue similar para HCS y HSS pero fue más alta para HCS que HSS a tasas de flujo sólido de 5 y 8%/h. La DEPC de HCS fue superior que la de RBS (**Cuadro 2**). La digestibilidad efectiva de PC fue similar para GRA y pasto seco, lo cual sugiere que no ocurrió proteólisis durante el secado hasta un promedio de 42% MS. La digestibilidad de la proteína fue mayor para ensilajes que para GRA y pasto seco, lo que podría indicar un rompimiento proteínico extensivo durante el proceso de ensilaje.

CUADRO 2. Degradabilidad efectiva de MS y PC de forrajes incubados en el rumen de vacas lecheras lactantes multíparas.¹

Forraje ²	DEMS2 ³	DEMS5	DEMS8	DEPC2 ⁴	DEPC5	DEPC8
1. GRA	59.2	44.5	37.5	78.3	64.9	57.0
2. HCG	58.5	45.8	40.2	76.1	63.6	56.1
3. HSG	63.4	48.7	41.2	79.0	66.1	58.4
4. RBG	62.6	50.8	44.2	78.0	67.6	60.4
5. HCS	70.1	62.8	59.8	90.9	88.5	87.3
6. HSS	70.6	60.6	55.9	89.7	85.7	83.3
7. RBS	69.3	60.4	56.2	88.2	83.7	81.1
8. HAY	60.3	46.6	38.8	8.2	64.6	56.0
SEM	1.1	3.3	0.6	0.4	0.8	0.9

⁰Modificado de Petit y Tremblay (1992)

¹ Medias de Cuadrados Mínimos.

² GRA= Pasto Seco; HCG= Pasto seco cortado con una cosechadora de forraje cilíndrica antes del ensilado en un silo de pila o montón; HSG= Pasto seco cortado con una cosechadora autocargadora antes del ensilado en un silo de pila; RBG= pasto seco antes de ensilarse en pacas redondas; HCS= ensilaje en pila de pasto cortado con una segadora de forraje cilíndrica; HSS= ensilaje en pila de pasto cortado con una segadora de forraje autocargadora; RBS= ensilaje de pasto en pacas redondas; HAY= heno.

³ Degradabilidad efectiva de MS calculada para tasas de flujo de sólidos k= 2, 5 y 8%/h.

⁴ Degradabilidad efectiva de PC calculada para tasas de flujo de sólidos k= 2, 5 y 8%/h.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. Localización del Área de Trabajo.

El presente estudio se realizó en la Unidad Metabólica y en el Laboratorio de Nutrición del Departamento de Nutrición y Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en Buenavista, Municipio de Saltillo, Coahuila. Sus coordenadas geográficas son 25° 23' 00'' Latitud Norte y 101° 00' Longitud Oeste; con una altitud de 1743 msnm. Su tipo de clima de acuerdo a la clasificación de Koppen, y según modificaciones realizadas por García (1973) es: Bs₁hwx (e') que corresponde a un clima muy seco, cálido, con precipitaciones escasas todo el año, extremoso; la precipitación media anual es de 298.50 mm y la temperatura media anual es de 14.8 °C (Agrometeorología,1983)

5.2. Alimentación y Manejo de los Animales Experimentales.

Se utilizaron dos novillos, cruzados con cebú, con un peso aproximado de 350 kg, provistos de cánula ruminal.

Los animales tuvieron un período de adaptación de 25 días a la dieta y manejo . La alimentación se programó para ofrecer una dieta en proporción forraje: concentrado de

(50:50) (**Cuadro 5.2.1**), de acuerdo a los requerimientos para mantenimiento en animales con estas características establecidas (NRC, 1984), Esta dieta se les proporcionó diariamente a los novillos calculando un nivel de consumo de de MS de 3% de su peso vivo ofreciendo el alimento en dos porciones iguales, a las 8:00 y 18:00 h.

CUADRO 5.2.1 Dieta ofrecida a los novillos fistulados del rumen durante el período experimental.

INGREDIENTE	PORCENTAJE EN LA DIETA (%)
Sorgo (grano)	25.00
Salvadillo	18.00
Harina de carne	1.50
Harinolina	2.00
Pasta de soya	3.00
Sorgo forrajero (paja)	50.00
Sal mineralizada	0.50
Total	100.00

Nutriente en la dieta	Aporte total (calculado)
Proteína cruda (PC)	10.00%
Energía neta de mantenimiento	1.2 Mcal/kg MS

5.4. Técnica *in situ*.

Para llevar a cabo la determinación de la digestibilidad ruminal de los mencionados ingredientes se aplicó la técnica *in situ* referida por Mehrez y Ørskov (1977).

Se utilizaron bolsas de poliseda con dimensiones de 5 cm de ancho por 10 cm de largo, cosidas con hilo nylon, con bordes redondeados y sellados con silicón. La porosidad de la bolsa es de 40-60 μm , aproximadamente. Estas bolsas se secaron en la estufa a 65 °C durante 24 h, para después estabilizarlas en un desecador y posteriormente obtener su peso constante.

En las bolsas de poliseda, previamente identificadas, en dos bolsas por separado se depositaron 4 g de cada uno de los ingredientes a evaluar, para así tener muestras por duplicado para cada tiempo de incubación. Las muestras se molieron en un molino willey con criba adaptada para obtener partículas de 2 mm de diámetro. Las bolsas con muestra se aseguraron con hilo de nylon bien cerradas y se ataron a una cadena de 30 cm de longitud, la que estuvo unida a un hilo de caña de pescar de 60 cm. Las bolsas atadas a la cadena se colocaron en el saco ventral del rumen de los novillos 1 a 2 h después de la alimentación por la mañana.

Los tiempos de incubación para cada muestra fue de 2, 4, 6, 12, 16 y 24 h; con excepción para los ingredientes fibrosos se les agrego un tiempo de incubación extra de (48 h). Se utilizo un blanco por cada tiempo de incubación. Una vez concluida la incubación ruminal se extrajeron las bolsas y se lavaron individualmente con agua de la llave hasta que el color del agua de escurrido del lavado fue claro. Se secaron en la estufa a 60 °C durante 24 h y fueron posteriormente pesadas y almacenadas en frascos de vidrio para sus respectivos análisis químicos.

5.5. Análisis Químicos.

Los ingredientes fueron analizados para determinar su composición química. Muestras de los ingredientes antes de incubar y posterior a la incubación fueron obtenidas para cada tiempo de incubación. Para su posterior análisis las muestras fueron secadas en una estufa a 60° C y molida a través de una malla de 1 mm de un molino Willey. Las muestras fueron analizadas para determinar materia seca (MS) a 105° C, materia orgánica (MO) según el procedimiento reportado por AOAC (1997). La fibra en detergente neutro (FDN) se determinó según el procedimiento de Goering y Van Soest (1970). El contenido de proteína cruda (PC) fue analizado según el procedimiento Kjendahl como $N \times 6.25$ (AOAC,1997).

Cuadro 5.5.1. Contenidos de análisis de ingredientes en (%) base materia seca .

INGREDIENTE	MS	M.O.	FDN	PC
PAJA DE AVENA	93.96	87.74	63.20	8.20
H. DE ALFALFA	91.25	75.96	40.06	21.30
PAJA DE SORGO	92.75	81.69	61.14	6.84
HARINOLINA	92.97	85.37	14.49	45.94
SORGO GRANO	91.44	89.55	14.13	10.00
SALVADILLO	87.95	83.94	41.83	15.96
PASTA DE SOYA	91.97	82.54	15.85	42.09

5.6. Determinación de la Digestibilidad *in situ*.

Para cada uno de los ingredientes con duplicado y para cada tiempo de incubación, se le determinó la digestibilidad *in situ* para la MS, MO, FDN y PC.

La digestibilidad *in situ* de la Materia Seca (DISMS) se calculo de la siguiente manera:

$$\text{DISMS} = [(\text{MSR}/\text{MSO}) \times 100]$$

donde: MSR= materia seca residual, g

MSO= materia seca original, g

Para digestibilidad *in situ* de de la Proteína Cruda (DISPC) se realiza:

$$\text{DISPC} = [(\text{PCMR}/\text{PCMO}) \times 100]$$

donde: PCMR= proteína crudal de la muestra residual, g

PCMO= proteína cruda de la muestra original, g

Para la digestibilidad *in situ* de la Materia Orgánica (DISMO)se determino por:

$$\text{DISMO} = [(\text{MOMR}/\text{MOMO}) \times 100]$$

donde: MOMR= proteína crudal de la muestra residual, g

MOMO= proteína cruda de la muestra original, g

Para el caso de la digestibilidad *in situ* de la Fibra en Detergente Neutro (DISFDN) se calculará:

$$\text{DISFDN} = \left[\frac{\text{FDNMR}}{\text{FDNMO}} \right] \times 100$$

donde: FDNMR= fibra detergente neutro de la muestra residual, %

FDNMO= fibra detergente neutro de la muestra original, %

5.8. Análisis Estadístico.

Puesto que se trabajó con dos animales fistulados del rumen y los ingredientes que se evaluaron fueron siete, se incubaron todas las muestras en todos los tiempos mencionados en un mismo animal. Por lo tanto se separaron en subgrupos de los diferentes ingredientes. Así, éstos se agruparon, como antes, se señaló: alimentos proteicos, fuentes de energía y alimentos fibrosos, y de esta manera se procedió para su incubación en los novillos. Procurando que todos los dos animales reciban todos los tratamientos se plantearon dos períodos. En los cuales, en cada uno de ellos un novillo tendrá en el rumen un grupo específico de ingredientes y así sucesivamente en el período siguiente hasta cumplir con el objetivo señalado. Los alimentos dentro de los animales en los dos períodos quedaron de la siguiente manera:

PERIODO 1

ANIMAL	INGREDIENTES		
1	A	B	C
2	D	E	F

PERIODO 2

ANIMAL	INGREDIENTES		
1	D	E	F
2	A	B	C

A, B, C,...,F corresponden a los diferentes ingredientes que se evaluarán. Los ingredientes se asignaron a las letras aleatoriamente.

Los datos obtenidos para las digestibilidades de las diversas fracciones químicas de los alimentos estadísticamente con un experimento factorial en diseño de bloques completamente al azar bajo tres situaciones:

1. Experimento factorial 2x6 en diseño con bloque completamente al azar. El factor A (factor proteico), sus niveles fueron: Pasta de soya y Harinolina. Para el factor B (Tiempos de incubación) sus niveles fueron: 2,4,6,12,16 y 24 horas.
2. Experimento factorial 2x6 en diseño con bloque completamente al azar. El factor A (factor energético), sus niveles fueron: Sorgo grano y Salvadillo.

Para el factor B (Tiempos de incubación) sus niveles fueron: 2,4,6,12,16 y 24 horas.

3. Experimento factorial 2x7 en diseño con bloque completamente al azar. El factor A (factor fibroso), sus niveles fueron: Paja de sorgo, Heno de alfalfa y Paja de avena.. Para el factor B (Tiempos de incubación) sus niveles fueron: 2,4,6,12,16 , 24 y 48 horas.

La unidad experimental consistió en la bolsa de poliseda que se introdujo en el rumen de los animales . El numero de repeticiones fueron dos por cada periodo de incubación y cada animal se consideró como un bloque. A continuación se muestra el modelo estadístico que se utilizo.

$Y_{ijk} = \mu + R_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$, donde:

$i = 1,2,\dots,a$ niveles del Factor A

$j = 1,2,\dots,b$ niveles del Factor B

$k = 1,2,\dots,r$ repeticiones

$\epsilon_{ijk} \sim NI(0, \sigma^2)$

Y_{ijk} = Variable de respuesta de la ij-esima combinación de la repetición r.

μ = Media general, efecto general que es común a cada una de las unidades experimentales.

R_k = Efecto de la repetición (bloque) K.

α_i = Efecto del i-esimo nivel del factor A.

β_j = Efecto del i-esimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Interacción efecto conjunto del nivel i del factor A con el nivel j del factor B.

ϵ_{ijk} = Error experimental , variable aleatoria de la cual se le asume distribución normal e independientemente con la media cero y varianza constante σ^2 (suposición de homogeneidad de varianza).

Las variables evaluadas fueron:

1. Digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS).
2. Digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO).
3. Digestibilidad *in situ* de la fibra detergente neutro (DISFDN).
4. Digestibilidad *in situ* de la proteína cruda (DISPC).

Después del análisis de varianza para cada variable y según experimento factorial 1,2 o 3 se identifico el nivel del factor A que era mejor y se hizo un ajuste de tendencia polinomial para el factor B que es un factor cuantitativo para representarse gráficamente.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el cuadro 6.1 y 6.2 se muestran los resultados obtenidos de digestibilidad de las muestras de suplementos proteicos (pasta de soya y harinolina) a diferentes tiempos de incubación ruminal. Observandose diferencia significativa ($P \leq 0.05$) al comparar la digestibilidad in situ de la materia seca (DISMS), digestibilidad in situ de la materia orgánica (DISMO), digestibilidad in situ de la fibra detergente neutro (DISFDN) y para la digestibilidad in situ de la proteína cruda (DISPC).

En un estudio (Olivares, 1991), en el cual se incluyó, la digestibilidad de; harina de sangre + pluma, pasta de soya (fuentes de proteína), cebada y sorgo (fuentes de almidón), se encontró que la desaparición de la materia seca (DMS) a las 48 h para la cebada (87.85%) fue superior ($P \leq 0.05$) a la de la harina de sangre + pluma (40.52%) y similar con sorgo (85.62%) y soya (83.65%) ($P \geq 0.05$). Entre cebada y sorgo no existió diferencia ($P \geq 0.05$) a las 48 h en la desaparición del almidón, a pesar de que hasta las 24 h la cebada había tenido una mayor desaparición ($P \leq 0.05$) que el sorgo (96.21 vs 94.87%). La digestibilidad del nitrógeno para la harina de sangre + pluma y pasta de soya fue similar ($P \geq 0.05$). a las 12 h de incubación, pero a las 24 y 48 h la digestibilidad de la pasta de soya fue superior ($P \leq 0.05$). Con respecto a la digestibilidad de la FDN se observó que entre la cebada y el sorgo (ingredientes energéticos) no existieron diferencias ($P \geq 0.05$) a las 24 y 48 h de incubación; para los ingredientes proteínicos se observó una digestibilidad superior ($P \leq 0.05$). de la pasta de soya en relación a la harina de sangre + pluma en todos los tiempos de incubación.

En los cuadros 6.3 y 6.4 se muestran los resultados de la digestibilidad de las muestras de sorgo grano y salvadillo como fuentes de energía a diferentes tiempos de incubación ruminal obteniéndose diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) al comparar su DISPC, DISMO, DISFDN Y DISPC.

El factor de mayor importancia que parece explicar las diferencias de digestión entre los diferentes granos de cereales es la matriz proteica que envuelve los gránulos de almidón. La velocidad de degradación ruminal de la proteína de la matriz determina la velocidad de hidrólisis del almidón, ya que la superficie de almidón en contacto con las amilasas aumenta a medida que aquélla es degradada. La naturaleza vítrea del sorgo y el maíz está relacionada con su contenido en proteína y la continuidad de la matriz proteica. Así, el maíz y el sorgo tienen una menor proporción de proteínas solubles (albúminas y globulinas) y una mayor proporción de proteínas de reserva (prolaminas y glutelinas), y estas últimas se caracterizan por una menor solubilidad y una velocidad de hidrólisis más lenta. En consecuencia, la digestibilidad media de las proteínas del trigo o de la cebada es superior a la del maíz o la del sorgo (70-80 vs 40-45%). (Blas et al. 1995)

En los cuadros 6.5, 6.6 y 6.7 se muestran los resultados obtenidos para la digestibilidad de la paja de sorgo, heno de alfalfa y paja de avena obteniéndose que para la DISMS , DISMO y DISFDN tuvo fueron diferentes ($P \leq 0.05$), sin embargo para la DISPC la paja de avena y el heno de alfalfa no difieren. La paja de sorgo si tuvo diferencia significativa para esta variable ($P \leq 0.05$).

Los resultados de digestibilidad de la MS de la paja de avena a 24 h son superiores a los reportados por Yescas *et al* (2004) de (25.6%), similar al reportado por Lozano *et al.* (1991) con (28.3%) e inferiores al encontrado por Plata *et al.* (1994) con (34.9%)

Los valores de digestibilidad son mayores a los reportados en la literatura, lo cual se debe, parcialmente, a que las dietas de ese estudio contenían una proporción baja de forraje. Plata *et al.* (1994) demostraron que al reducir el forraje en la dieta se disminuye la digestibilidad hasta en 40%.

Cruz (1999) obtuvo valores de digestibilidad de la FDN de heno de alfalfa de 38.96% , y para la digestibilidad de la paja de sorgo de 47.56%.

Parada (1997) , reporta para el rastrojo de maíz 41.55% , paja de sorgo 41.96%, rye grass 57.38%, heno de alfalfa 39.21%, y heno de avena 55.36%.

En las Figuras 6.1 a la 6.28 se muestran las tendencias de digestibilidad *in situ* para las diferentes variables de este estudio además de su ecuación de predicción y su coeficiente de determinación con respecto al tiempo de incubación ruminal.

Cuadro 6.1. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables para la pasta de soya .

TIEMPOS	MS	M.O	FDN	PC
2	35.66	23.11	11.76	10.80
4	40.21	28.95	14.23	14.79
6	44.49	34.45	17.96	17.98
12	58.85	41.04	30.20	20.99
16	65.26	47.63	34.88	26.23
24	82.62	56.86	38.32	38.90

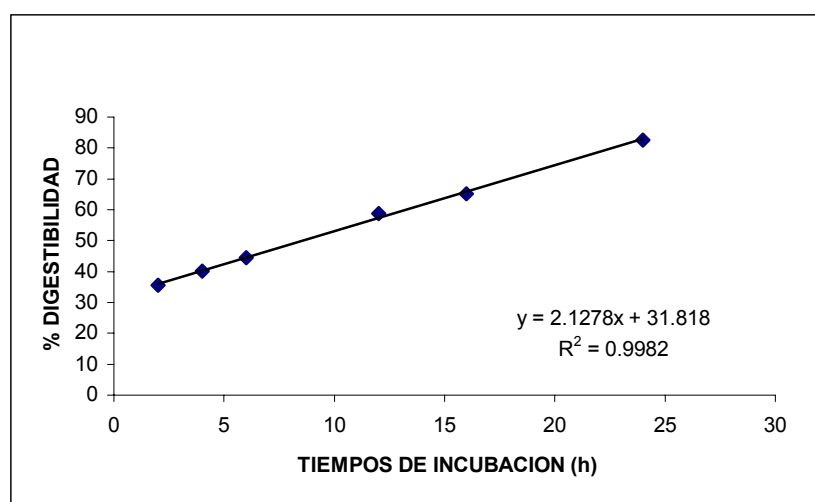


Fig.6.1 Digestibilidad in situ de la MS para la pasta de soya a diferentes periodos de incubación ruminal

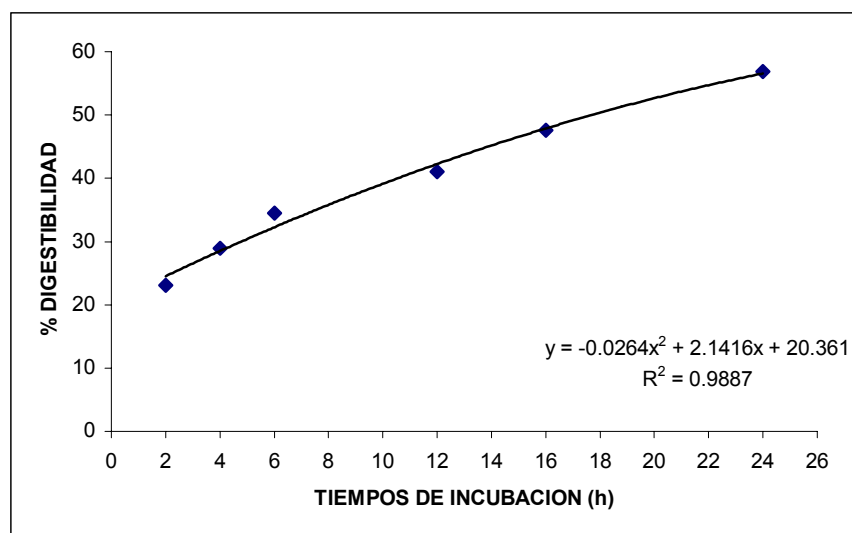


Fig.6.2 Digestibilidad in situ de la MO para la pasta de soya a diferentes periodos de incubación ruminal

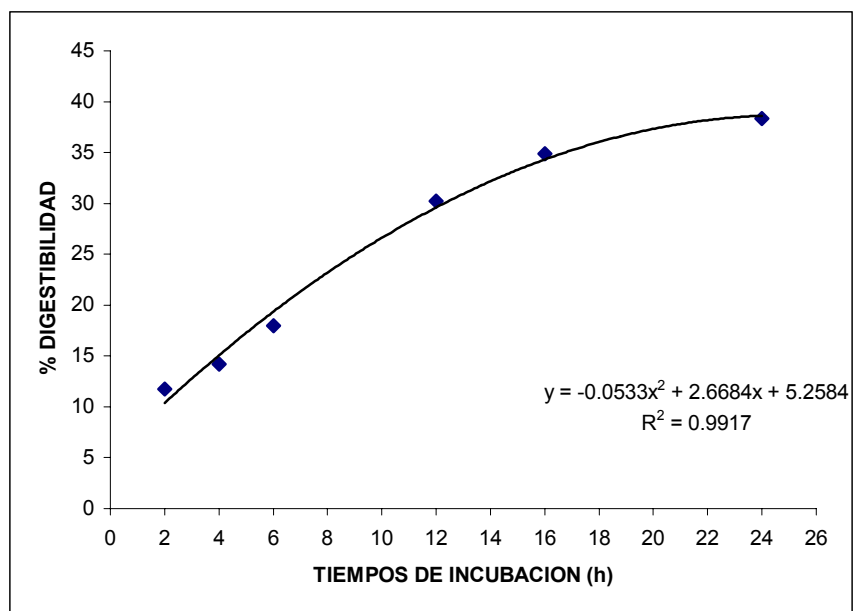


Fig.6.3 Digestibilidad in situ de la FDN para la pasta de soja a diferentes periodos de incubación ruminal

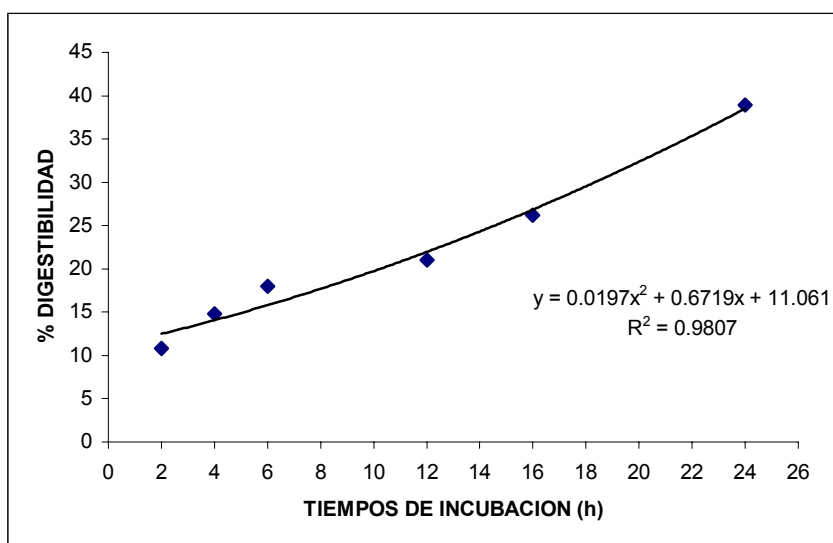


Fig.6.4. Digestibilidad in situ de la PC para la pasta de soya a diferentes periodos de incubación ruminal

Cuadro 6.2. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables para la harinolina.

TIEMPOS	MS	M.O.	FDN	PC
2	29.67	24.09	4.79	3.76
4	34.10	28.35	10.81	4.58
6	36.21	31.83	15.32	6.69
12	51.91	38.86	17.50	10.73
16	53.07	41.99	19.37	15.25
24	57.75	47.31	23.12	22.85

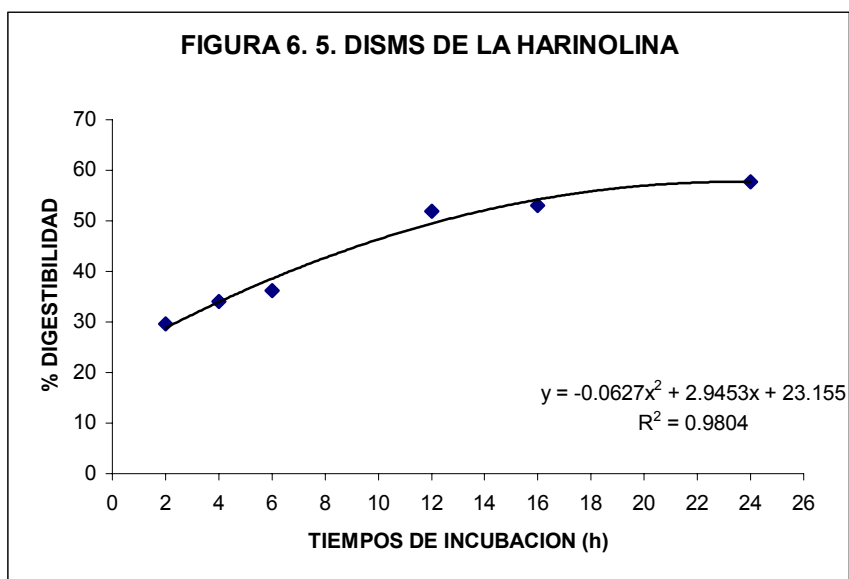


Fig.6.5 Digestibilidad in situ de la MS para la harinolina a diferentes periodos de incubación ruminal

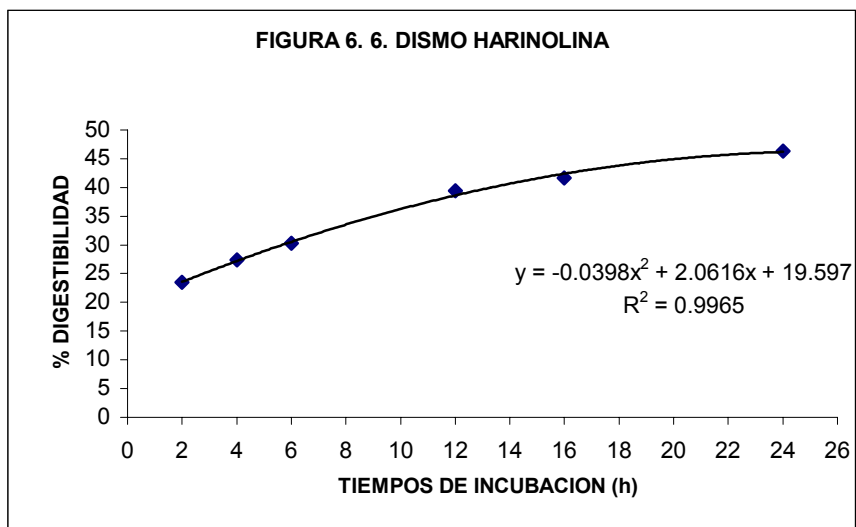


Fig.6.6 Digestibilidad in situ de la MO para la harinolina a diferentes periodos de incubación ruminal

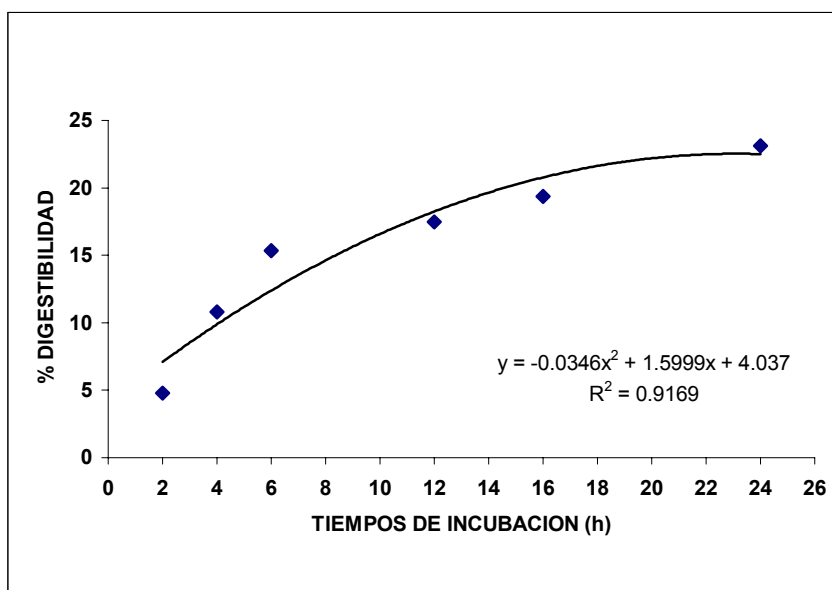


Fig.6.7 Digestibilidad in situ de la FDN para la harinolina a diferentes periodos de incubación ruminal

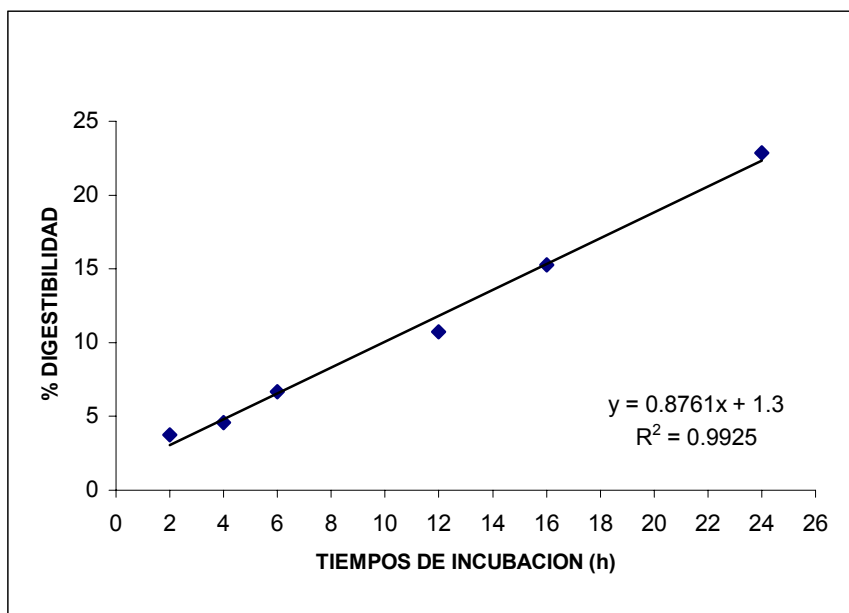


Fig.6.8 Digestibilidad in situ de la PC para la harinolina a diferentes periodos de incubación ruminal

Cuadro 6.3. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables para el sorgo grano

TIEMPOS	MS	M.O	FDN	PC
2	22.83	17.74	3.62	4.32
4	26.28	22.45	10.38	9.15
6	33.64	30.66	25.28	13.85
12	42.04	33.11	24.10	27.16
16	46.38	37.44	30.27	31.60
24	55.92	43.68	36.84	56.01

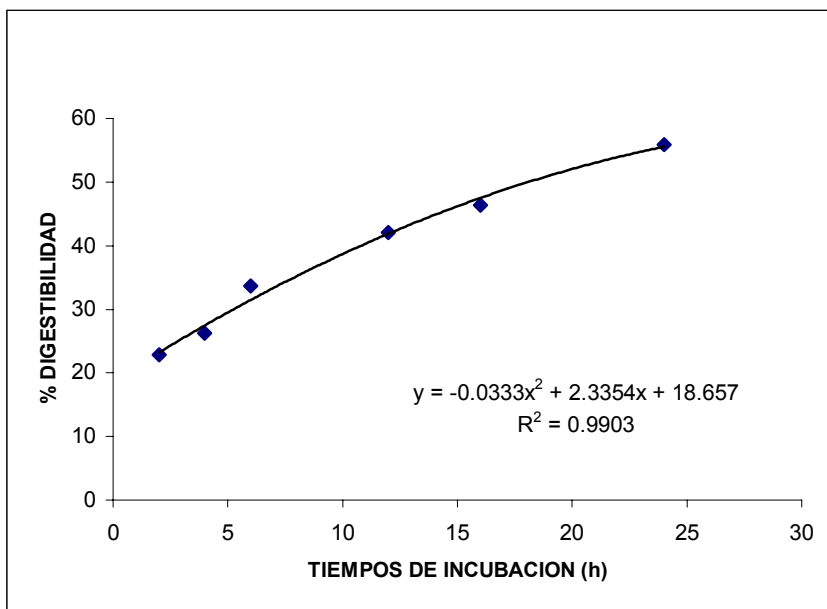


Fig.6.9 Digestibilidad in situ de la MS para el sorgo grano a diferentes periodos de incubación ruminal.

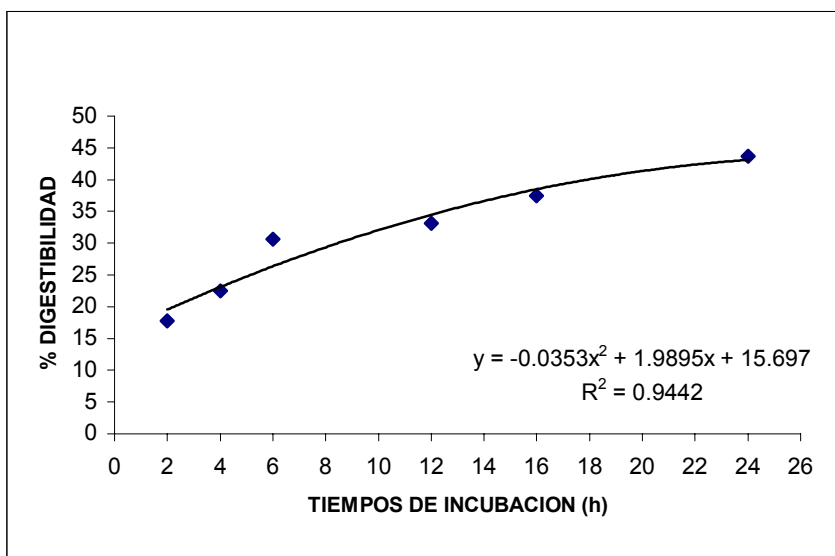


Fig.6.10 Digestibilidad in situ de la MO para el sorgo grano a diferentes periodos de incubación ruminal.

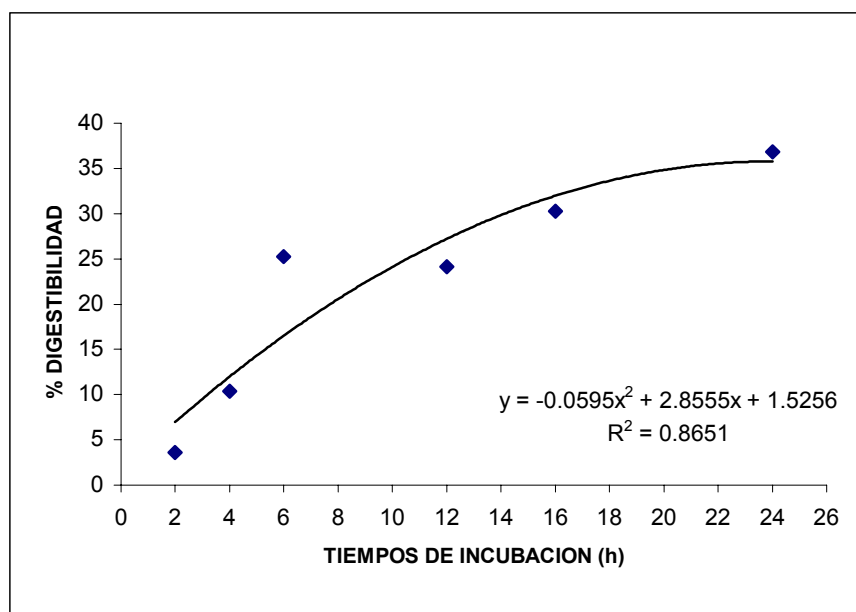


Fig.6.11 Digestibilidad in situ de la FDN para el sorgo grano a diferentes periodos de incubación ruminal.

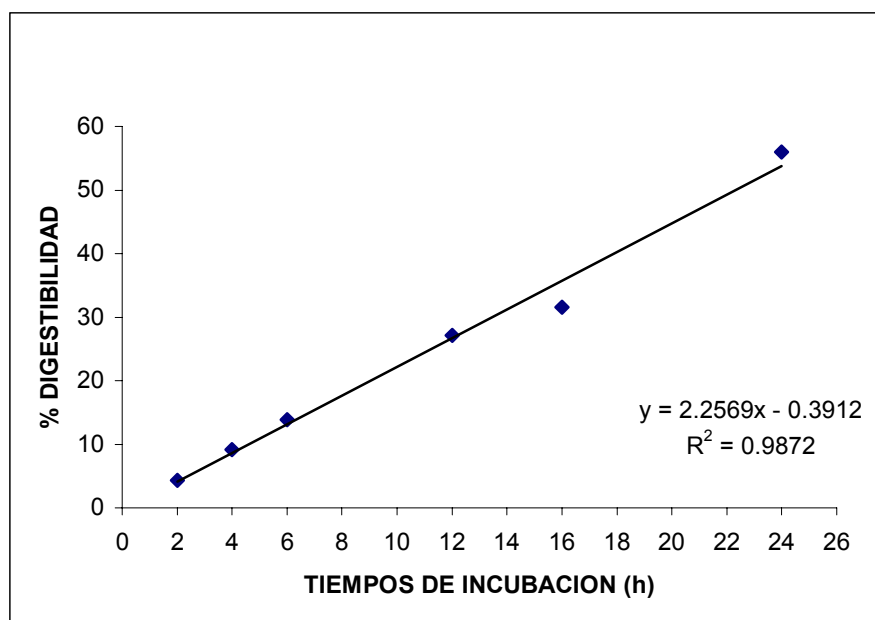


Fig.6.12 Digestibilidad in situ de la PC para el sorgo grano a diferentes periodos de incubación ruminal.

Cuadro 6.4. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables para el salvadillo

TIEMPOS	MS	M.O	FDN	PC
2	54.74	35.35	4.34	1.91
4	63.06	45.74	11.14	10.61
6	69.80	53.42	12.56	19.78
12	79.07	59.54	15.63	36.04
16	78.31	61.36	20.66	47.76
24	82.78	65.99	25.33	64.70

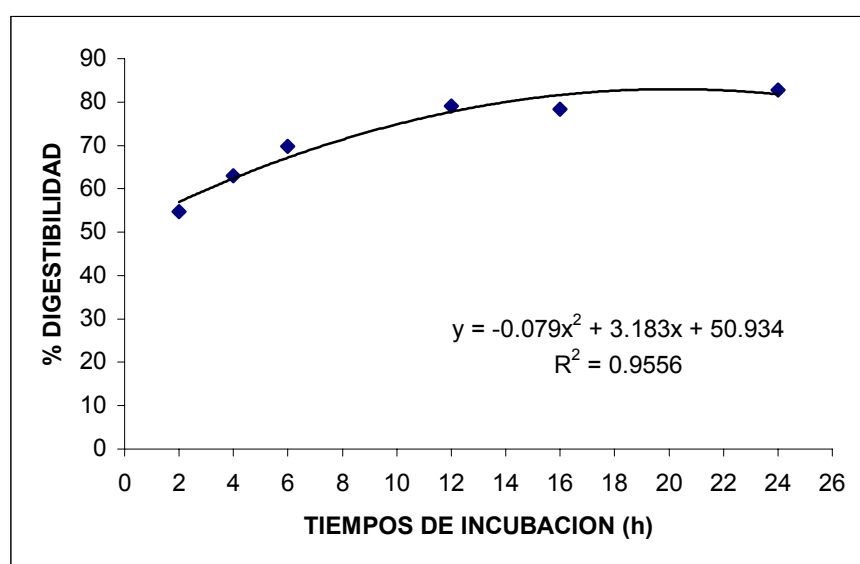


Fig.6.13 Digestibilidad in situ de la MS para el salvadillo a diferentes periodos de incubación ruminal.

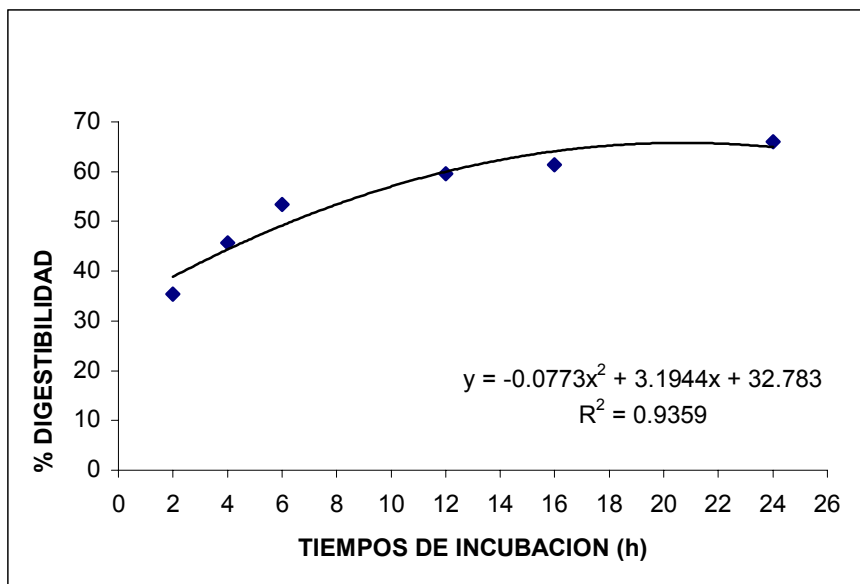


Fig.6.14 Digestibilidad in situ de la MO para el salvadillo a diferentes periodos de incubación ruminal.

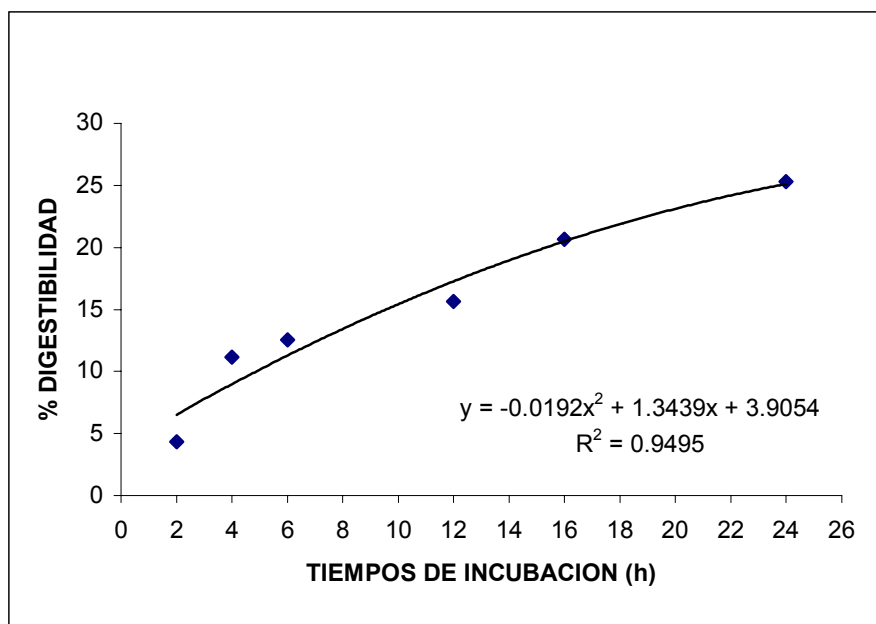


Fig.6.15 Digestibilidad in situ de la FDN para el salvadillo a diferentes periodos de incubación ruminal.

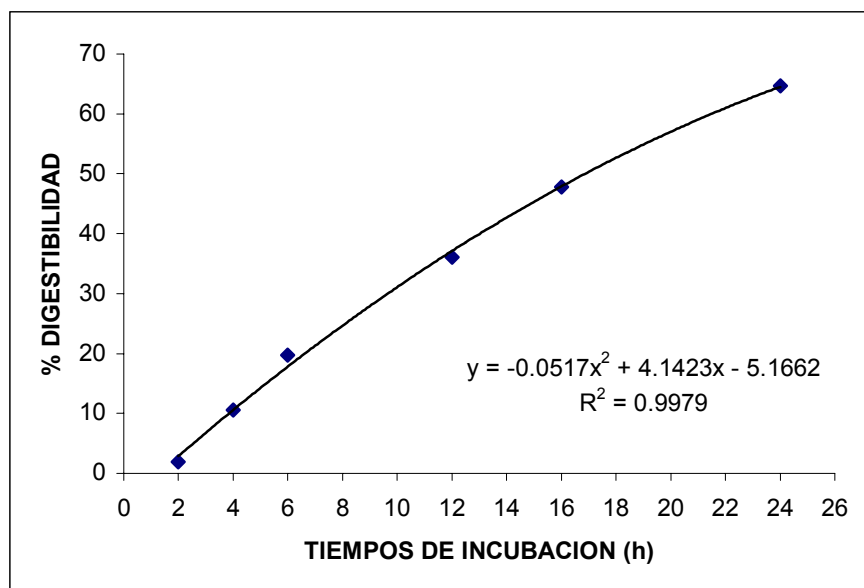


Fig.6.16 Digestibilidad in situ de la PC para el salvadillo a diferentes periodos de incubación ruminal.

Cuadro 6.5. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables para la paja de sorgo

TIEMPOS	MS	M.O	FDN	PC
2	26.27	20.91	15.44	1.00
4	29.75	22.95	17.07	3.41
6	31.04	26.12	20.04	6.27
12	39.73	33.89	22.71	11.78
16	39.03	37.59	27.82	13.12
24	51.95	47.15	30.73	16.83
48	55.82	49.95	35.00	21.99

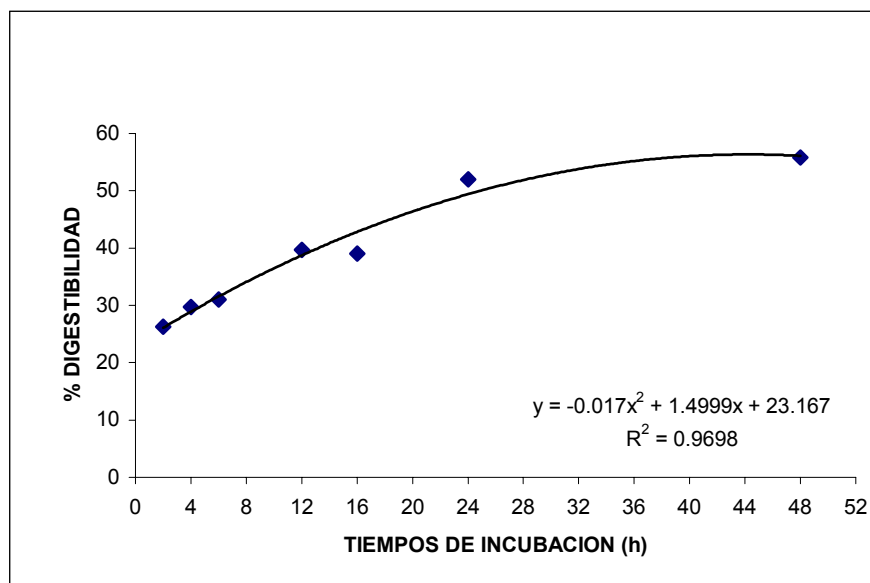


Fig.6.17 Digestibilidad in situ de la MS para la paja de sorgo a diferentes periodos de incubación ruminal.

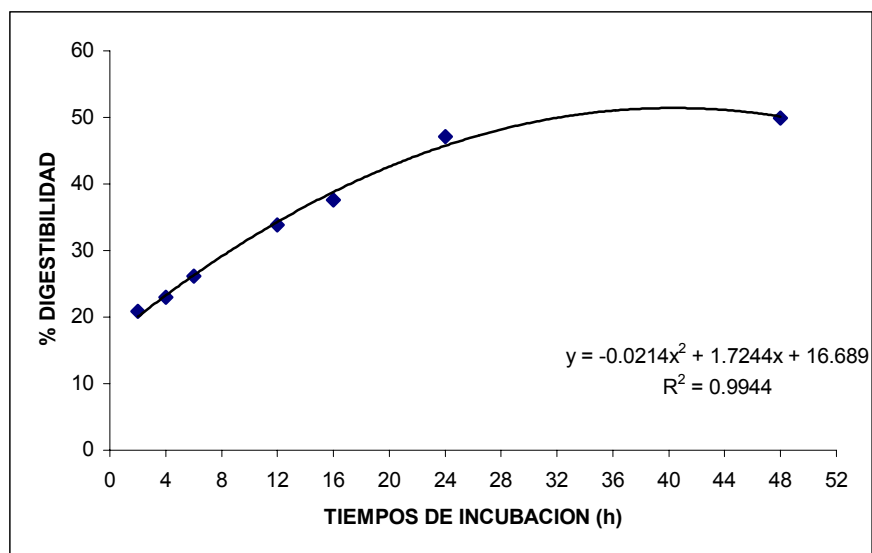


Fig.6.18 Digestibilidad in situ de la MO para la paja de sorgo a diferentes periodos de incubación ruminal.

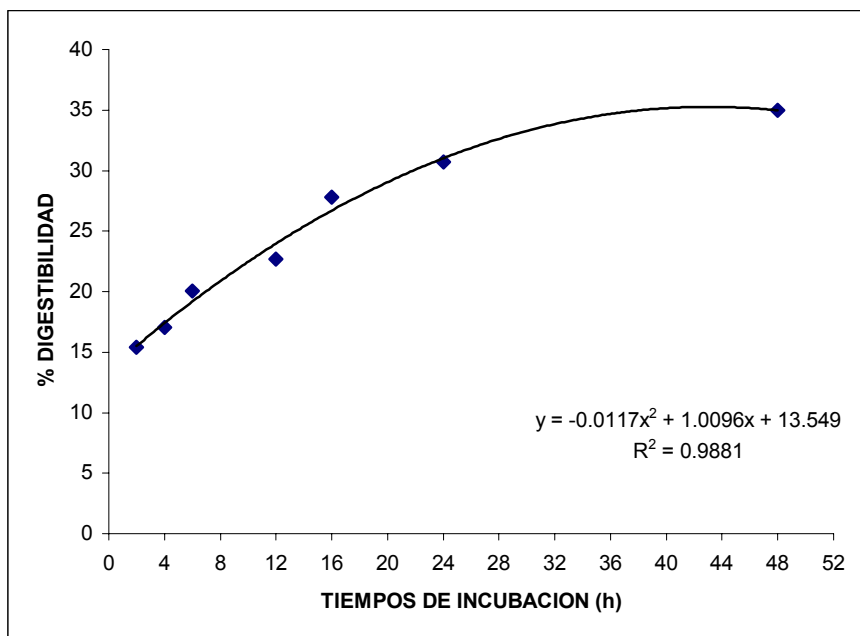


Fig.6.19 Digestibilidad in situ de la FDN para la paja de sorgo a diferentes periodos de incubación ruminal.

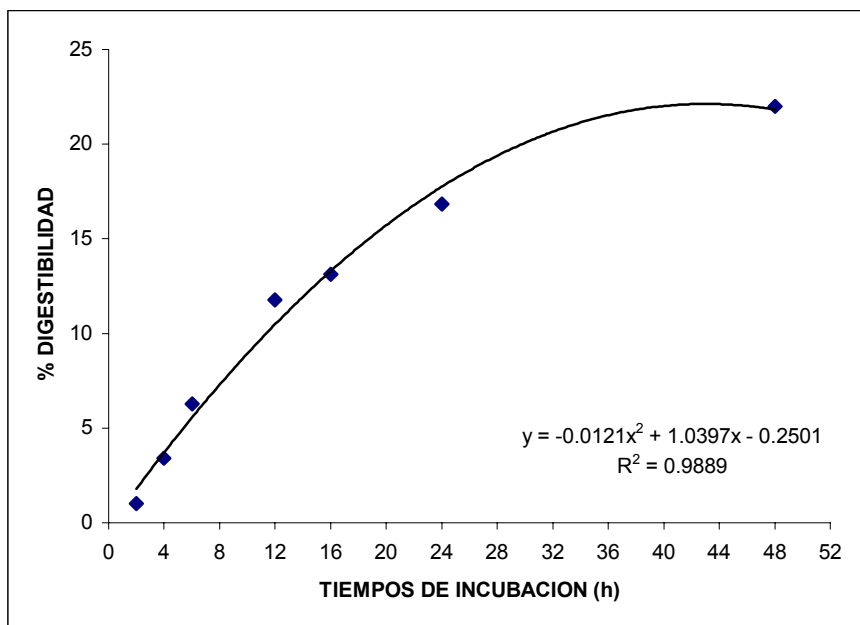


Fig.6.20 Digestibilidad in situ de la PC para la paja de sorgo a diferentes periodos de incubación ruminal.

Cuadro 6.6. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables para el heno de alfalfa

TIEMPOS	MS	M.O	FDN	PC
2	41.50	28.27	9.30	3.01
4	47.28	34.50	10.50	3.08
6	52.35	41.96	14.54	4.37
12	68.60	52.02	15.30	19.47
16	71.25	54.79	16.33	22.02
24	81.96	62.85	18.30	36.71
48	85.94	66.66	23.11	45.02

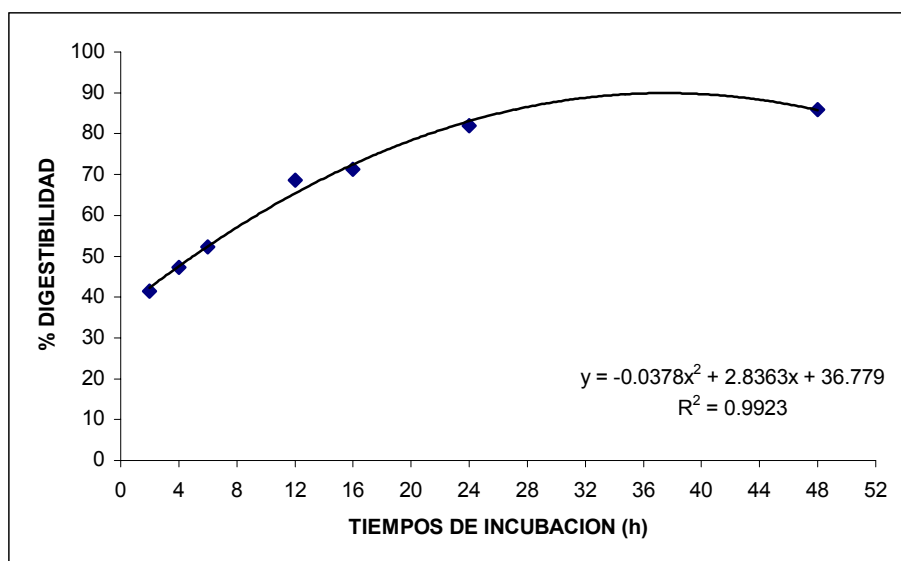


Fig.6.21 Digestibilidad in situ de la MS para el heno de alfalfa a diferentes periodos de incubación ruminal.

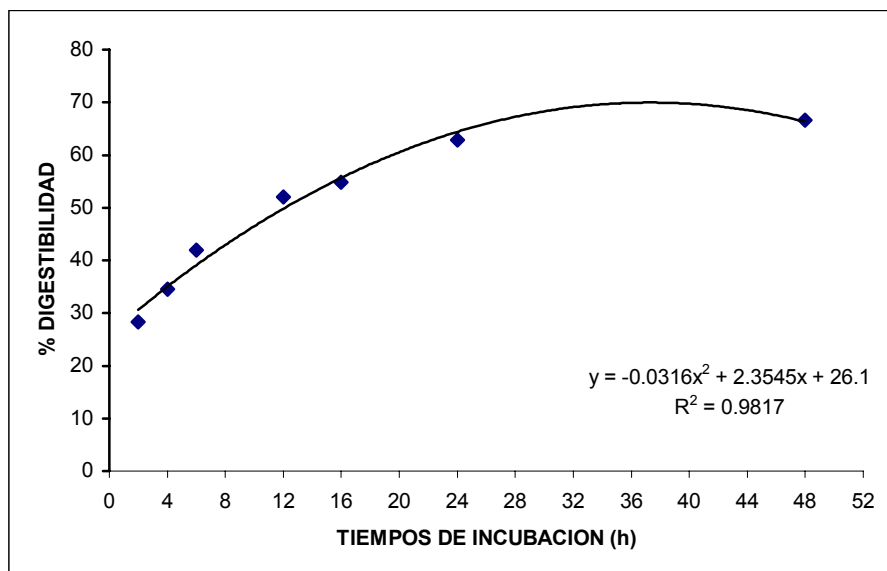


Fig.6.22 Digestibilidad in situ de la MO para el heno de alfalfa a diferentes periodos de incubación ruminal.

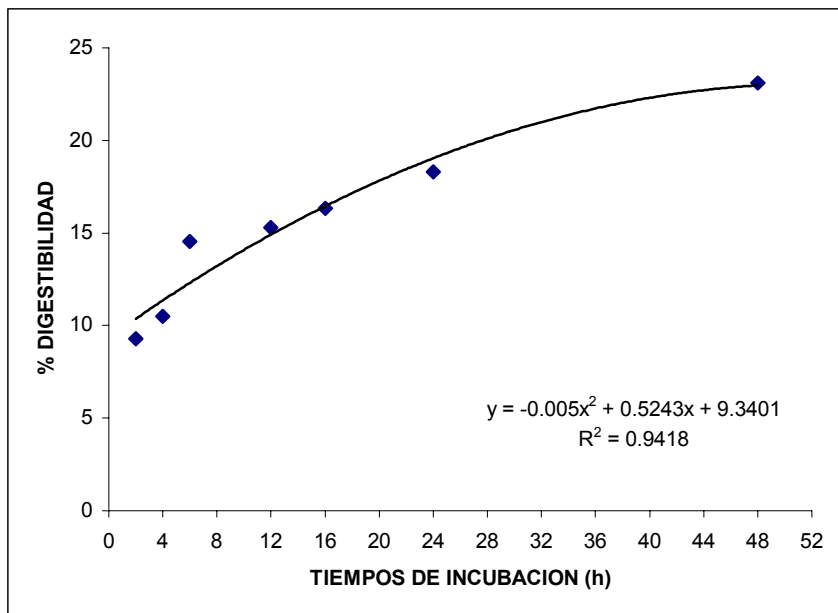


Fig.6.23 Digestibilidad in situ de la FDN para el heno de alfalfa a diferentes periodos de incubación ruminal.

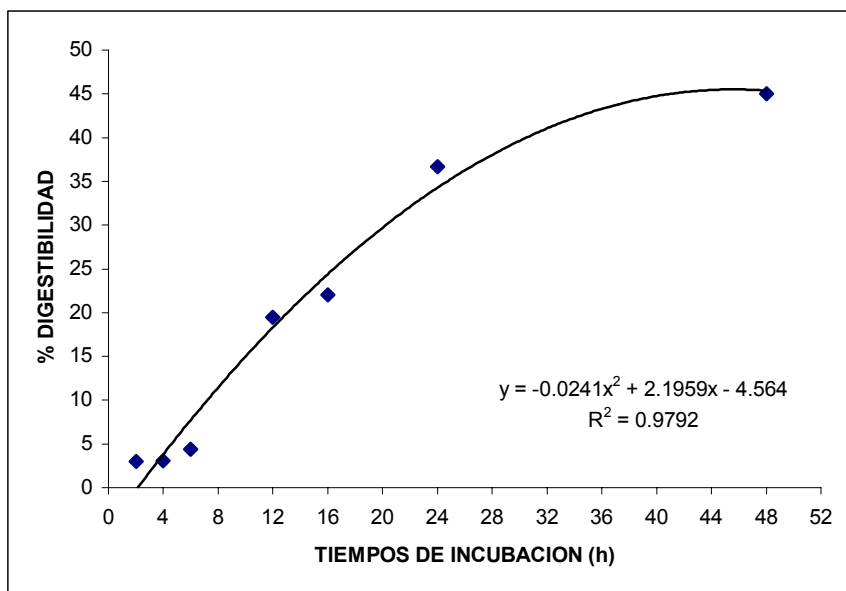


Fig.6.24 Digestibilidad in situ de la MS para el heno de alfalfa a diferentes periodos de incubación ruminal.

Cuadro 6.7. Digestibilidad In Situ de las diferentes variables la paja de avena

TIEMPOS	MS	M.O	FDN	PC
2	17.89	15.03	6.83	8.09
4	23.56	21.51	12.03	10.22
6	25.12	24.07	19.01	11.61
12	30.14	27.17	21.33	14.68
16	32.15	30.67	26.52	16.83
24	48.20	42.96	32.28	33.77
48	55.79	46.59	38.48	39.48

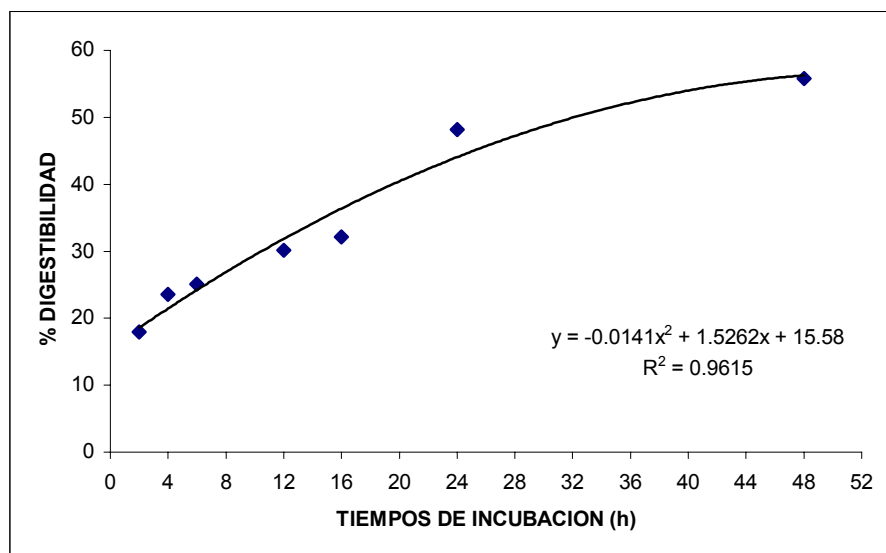


Fig.6.25 Digestibilidad in situ de la MS para la paja de avena a diferentes periodos de incubación ruminal.

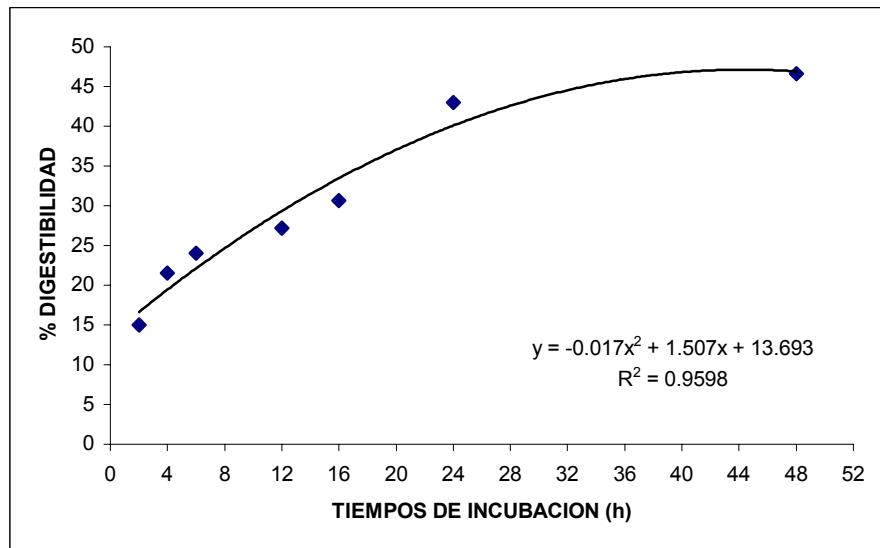


Fig.6.26 Digestibilidad in situ de la MO para la paja de avena a diferentes periodos de incubación ruminal.

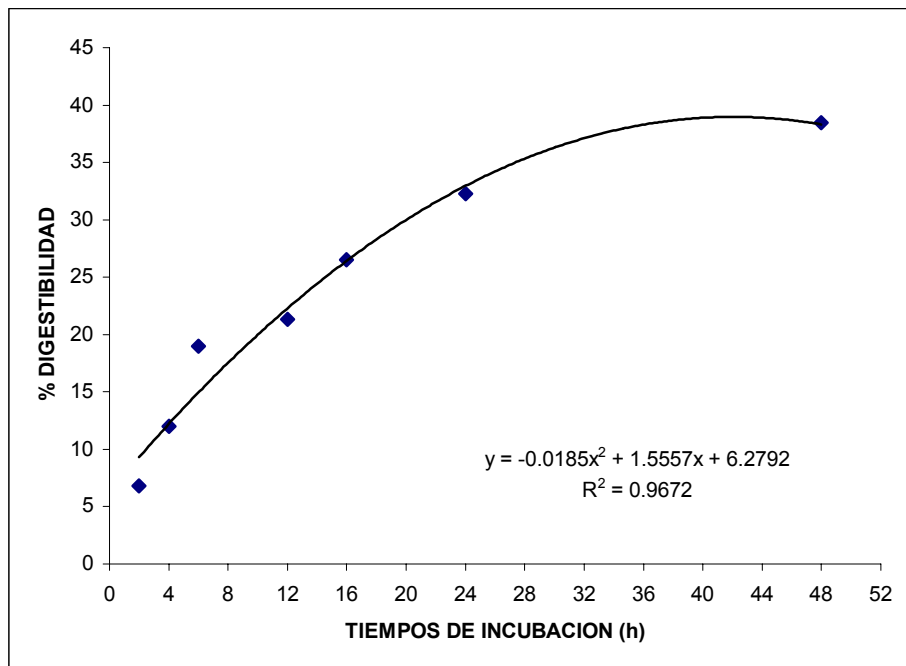


Fig.6.27 Digestibilidad in situ de la FDN para la paja de avena a diferentes periodos de incubación ruminal.

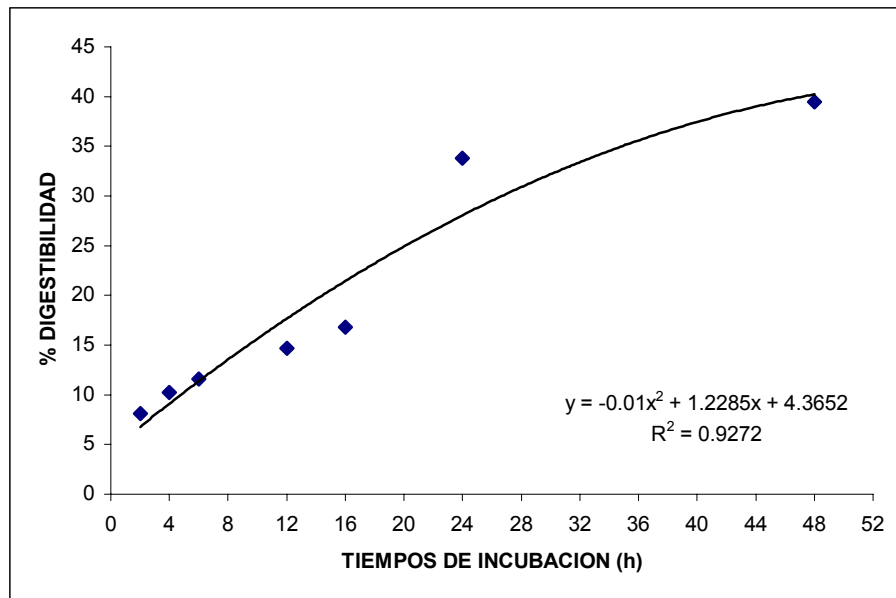


Fig.6.28 Digestibilidad in situ de la PC para la paja de avena a diferentes periodos de incubación ruminal.

Los ingredientes que se utilizaron en este trabajo: pasta de soya, harinolina, sorgo grano molido, salvadillo, paja de sorgo, heno de alfalfa y paja de avena; se caracterizaron por tener diferentes valores de digestibilidad ruminal in situ de materia seca (MS), materia orgánica (MO), fibra detergente neutro (FDN) y proteína cruda (PC), ($P \leq 0.05$) de acuerdo a la clasificación de estos ingredientes alimenticios evaluados como fuentes de proteína, fuentes de energía y fuentes de fibra .

8. RESUMEN

Los métodos mediante los cuales se pueden determinar las fracciones químicas, incluyen desde determinaciones *in vitro*, procedimientos enzimáticos en laboratorio, estudios *in vivo* e *in situ* en animales. No obstante existe literatura bien documentada (Noek,1988, Noek, 1990 y McDonald, 1979) en relación a las ventajas y desventajas de estos métodos y su comparación entre ellos.

Deriva de aquí la importancia y necesidad de aportar información de la digestibilidad de los diferentes alimentos proporcionados a los rumiantes, esto nos facilita una alimentación que cubra los perfiles alimenticios y nutricionales requeridos en función del nivel productivo deseado. El objetivo del presente trabajo implico la evaluación ingredientes alimenticios utilizados en la alimentación y nutrición de rumiantes en base a la determinación y estimación de la digestibilidad de la materia seca (MO),proteína cruda (PC), materia orgánica (MO) y fibra detergente neutro (FDN). Se utilizarán dos novillos, cruzados con cebú, con un peso aproximado de 350 kg, provistos de cánula ruminal.

Los animales tuvieron un período de adaptación de 25 días a la dieta y manejo . La alimentación se programo para ofrecer una dieta forraje: concentrado de relación 50:50. Para llevar a cabo la determinación de la digestibilidad ruminal de los mencionados ingredientes se aplicó la técnica *in situ* referida por Mehrez y Ørskov (1977).

Los tiempos de incubación para cada muestra fue de 2, 4, 6, 12, 16 y 24 h; con excepción para los ingredientes fuentes de fibra donde se agregó un tiempo de incubación extra de 48 h. Una vez concluida la incubación ruminal se extrajeron las bolsas y se lavaron individualmente con agua de la llave hasta que el color del agua de escurrido del lavado fue claro. Se secaron en la estufa a 60 °C durante 24 h y posteriormente fueron pesadas y almacenadas en frascos de vidrio para sus respectivos análisis químicos.

Los datos obtenidos para las digestibilidades de las diversas fracciones químicas de los alimentos estadísticamente con un experimento factorial en diseño de bloques completamente al azar. La unidad experimental consistió en la bolsa de poliseda que se introdujo en el rumen de los animales . El numero de repeticiones fueron dos por cada periodo de incubación y cada animal se consideró un bloque.

Las variables evaluadas fueron:

1. Digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS).
2. Digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO).
3. Digestibilidad *in situ* de la fibra detergente neutro (DISFDN).
4. Digestibilidad *in situ* de la proteína cruda (DISPC).

Se encontró diferente estadística significativa($P \leq 0.05$), al comparar la digestibilidad de las diferentes fracciones químicas conforme a la clasificación de los ingredientes que fueron utilizados en este estudio.

9. LITERATURA CITADA

- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis. 13th. Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Blas de C., P. G Rebollar y J. Méndez. 1995. Utilización de cereales en dietas de vacuno lechero. Departamento de Producción Animal, U.P. Madrid.
- Blaxter, K.L., N. McC. Graham and F.W. Wainman. 1956. Some observations on the digestibility of food by sheep and on related problems. Br. J. Nutr. 10:69.
- Broderick, G.A., R.J. Wallace and E.R. Ørskov. 1991. Control of rate and extent of protein degradation. *In: Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants. Proceedings of the seventh International Symposium on Ruminant Physiology.* T. Tsuda, Y. Sasaki and R. Kawashima (eds.) Academic Press. San Diego, California, USA. pp. 541- 592.
- Cruz, R.C. 1999. Tasa de Degradación In Vitro de la fibra de algunos forrajes de uso común. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Denham, S.C., G.A. Morantes, D.B. Bates and J.E. Moore. 1989. Comparison of two levels used to estimate *in situ* nitrogen disappearance. J. Dairy Sci. 72:708.
- Ehle, F.R., M.R. Murphy and J.H. Clark. 1982. *In situ* particle reduction and the effect of particle size on degradation of crude protein and dry matter in the rumen of dairy steers. J. Dairy Sci. 65:963.
- Emanuele, S.M., C.R. Staples and C.J. Wilcox. 1991. Extent and site of mineral release from six forage species incubated in mobile dacron bags. J. Anim. Sci. 69:801.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Agricultural Research Service. USDA. Agriculture Handbook No. 379. Washington, D.C., USA. 20 pp.
- Gutiérrez, O.E. 1990. Uso de la bolsa de nylon para estimar la utilización de la proteína en rumiantes. *In: Memorias de la Tercera Reunión de Nutrición Animal.* R.F. García

C. (ed.) Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Saltillo, Coahuila, México. pp. 59-62

- Ha, J.K. and J.J. Kennelly. 1984. *In situ* dry matter and protein degradation of various protein sources in dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 64:443.
- Janicki, F.J. and C.C. Stallings. 1988. Degradation of crude protein in forages determined by *in vitro* and *in situ* procedures. *J. Dairy Sci.* 71:2440.
- Kempton, T.J. 1980. El uso de bolsas de nilón para caracterizar el potencial de degradabilidad de alimentos para el rumiante. *Prod. Anim. Trop.* 5:115.
- Kennedy, P.M., G.P. Hazelwood and L.P. Milligan. 1984. A comparison of methods for the estimation of the proportion of microbial nitrogen in duodenal digesta and of correlation for microbial contamination in nylon bags incubated in the rumen of sheep. *Br. J. Nutr.* 52:403.
- Kirkpatrick, B.K. and J.J. Kennelly. 1987. *In situ* degradability of protein and dry matter from single sources and from a total diet. *J. Anim. Sci.* 65:567.
- Latham, M.J., B.E. Brooker, G.L. Pettipher and P.J. Harris. 1978. *Ruminococcus flavefaciens* cell coat and adhesion to cotton cellulose and to cell walls in leaves of perennial rye grass (*Lolium perenne*). *Appl. Environ. Microbiol.* 35:156.
- Lozano, O. G., R. Herrera y Saldaña, S. González M., R. Bárcena G. 1991. Efecto de la degradabilidad de los ingredientes en la digestibilidad *in vitro* e *in vivo* de raciones para ovinos. *Agrociencia Serie Animal.* 1(2): 117-134.
- Mathers, J.C. and E.M. Aitchinson. 1981. Direct estimation of the extent of contamination of food residues by microbial matter after incubation within synthetic bags in the rumen. *J. Agr. Sci. (Camb.)* 96:691.
- 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.
- Mohamed, O.E. and R.H. Smith. 1977. Measurement of protein degradation in the rumen. *Proc. Nutr. Soc.* 36:152 (Abstr.)
- NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. (Sixth Rev. Ed.) National Academy Press. Washington, D.C., USA. 91 pp.
- Nocek, J.E. 1985. Evaluation of specific variables affecting *in situ* estimates of ruminal dry matter and protein digestion. *J. Anim. sci.* 60:1347.

- Nocek, J.E. 1987. Characterization of *in situ* dry matter and nitrogen degradation of various corn grains forms. J. Dairy Sci. 70:2291.
- Nocek, J.E. 1988a. Feeding to enhance carbohydrate metabolism in ruminants. *In: Nutrition Conference for Feed Manufacturers*. Cornell Univ. p. 27.
- Nocek, J.E. 1988b. *In situ* and others methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A Review. J. Dairy Sci. 71:2051.
- Nocek, J.E. 1990. Standardization of *in situ* degradation methodology. *In: Proceedings of the first conference on dairy cow modeling*. P.M. Pitcher (ed.) University of Pennsylvania. PA. pp. 27-30.
- Nocek, J.E. and A.L. Grant. 1987. Characterization of *in situ* nitrogen and fiber digestion and bacterial nitrogen contamination of hay crop forages preserved at different dry matter percentages. J. Anim. Sci. 64:552.
- Nocek, J.E. and J.B. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. J. Dairy Sci. 71:2070.
- Olivares, R.L. 1991. Efecto de la combinación de distintas fuentes de proteína y almidón en el comportamiento productivo de becerros Holstein. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 109 pp.
- Olubobukun, J.A., W.M. Craig and K.R. Pond. 1990. Effects of mastication and microbial contamination on ruminal *in situ* forage disappearance. J. Anim. Sci. 68:3371.
- Ørskov, E.R. and I. Mc Donald. 1979. The estimation of protein degradation in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agr. Sci. (Camb.) 92:499.
- Ørskov, E.R., M. Hughes and I. McDonald. 1980a. Degradability of rotein supplements and utilization of undegraded protein by high producing dairy cows. *In: Recent Advances in Animal Nutrition*. (Haresing, ed.) Butterworths, London. p. 85.
- Ørskov, E.R., F.D. DeB Hovell y F. Mould. 1980b. Uso de la técnica de la bolsa de nilón para la evaluación de los alimentos. Prod. Anim. Trop. 5:213.
- Owens, F.N. and A.L. Goetsch. 1988. Ruminal fermentation. *In: The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition*. D.C. Church (ed.) Prentice Hall. New Jersey.

- Parada, H.M.R 1997 Tasa de Degradacion In Situ de la fibra de algunos forrajes de uso común. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Petit, H.V. and G.F. Tremblay. 1992. *In situ* degradability of fresh grass and grass conserved under different harvesting methods. J. Dairy Sci. 75:774.
- Plata, P. F., G. D. Mendoza M., J. R. Bárcena-Gama, S. González M. 1994. Effect of a yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on neutral detergent fiber digestion in steers fed oat straw based diets. Anim. Feed Sci. Technol. 49: 203-210.
- Playne, M.J., W. Khumnaulthong and M.G. Echeverría. 1978. Factors affecting the digestion of oesophageal fistula samples and hay samples in nylon bags in the rumen of cattle. J. Agric. Sci. (Camb.) 90:193.
- Rooke, J.A., H.A. Greife and D.V. Armstrong. 1984. The effect of *in sacco* rumen incubation of a grain silage upon the total and D-amino acid composition of the residual silage dry matter. J. Agric. Sci. 102:695.
- Russell, J.B., J.D. O'Connor, D.G. Fox, P.J. Van Soest and C.J. Sniffen. 1990. The rumen submodel of the Cornell Net Carbohydrate-Protein System. *In*: Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Cornell Univ. p. 34.
- Saldaña, R. 1990. La importancia de la sincronización en la degradación ruminal de fuentes de nitrógeno y energía en la alimentación de rumiantes. *In*: Memorias de la Tercera Reunión de Nutrición Animal. R.F. García C. (ed.) Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Saltillo, Coahuila, México. pp. 28-30.
- Soto, I.E., de Haro, D.A., Frisch, G.U. y Ruiz B.J. 1983. Panorama de la Ganadería Mexicana. Centro Nacional de Investigaciones Agrarias. México, D.F.
- Steel, R.G. y J.H. Torrie. 1986. Principios y Procedimientos de Estadística. McGraw-Hill. México, D.F.
- Stern, M.D., W.H. Hoover, C.J. Sniffen, B.A. Crooker and P.H. Knowlton. 1978. Effects of nonstructural carbohydrate, urea and soluble protein levels on microbial protein synthesis in continuous culture of rumen contents. J. Anim. Sci. 47:944.
- Stern, M.D. and L.D. Satter. 1984. Evaluation of nitrogen solubility and the dacron bag technique as methods for estimating protein degradation in the rumen. J. Anim. Sci. 58:714.

- Tamminga, S. 1982. Recent advances in our understanding of the significance of rumen fermentation. *In: Protein and energy supply for high production of milk and meat.* United Nations. Pergamon Press. pp. 15-32.
- Trabalza-Marinucci, M., B.A. Dehority and S.C. Loerch. 1992. *In vitro* and *In vivo* studies of factors affecting digestion of feeds in synthetic bags. *J. Anim. Sci.* 70:296.
- Uden, P., R. Parra and P.J. Van Soest. 1974. Factors influencing reliability of the nylon bag technique. *J. Dairy Sci.* 57:622 (Abstr.)
- Uden, P. and P.J. Van Soest. 1984. Investigations of the *in situ* bag technique and a comparison of the fermentation in heifers, sheep, ponies and rabbits. *Br. J. Nutr.* 47:267.
- Van Hellen, R.W. and W.C. Ellis. 1977. Sample container porosities for rumen *in situ* studies. *J. Anim. Sci.* 44:141.
- Van Keuren, R.W. and W.W. Heinemann. 1962. Study of a nylon bag technique for *in vivo* estimation of forage digestibility. *J. Anim. Sci.* 21:340.
- van Milgen, J., L.L. Berger and M.R. Murphy. 1992a. Fractionation of substrate as an intrinsic characteristic of feedstuffs fed to ruminants. *J. Dairy Sci.* 75:124.
- van Milgen, J., M.L. Roach, L.L. Berger, M.R. Murphy and D.M. Moore. 1992b. Technical note: Mineral deposits on dacron bags during ruminal incubation. *J. Anim. Sci.* 70:2551.
- 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.
- Varvikko, T. and E. Lindberg. 1985. Microbial nitrogen in nylon bag residues quantified by feed ¹⁵N dilution. *Br. J. Nutr.* 54:473.
- Wanderley, R.C., J.T. Huber, Z. Wu, M. Pessarakli and C. Fontes, Jr. 1993. Influence of microbial colonization of feed particles on determination of nitrogen degradability by *in situ* incubation. *J. Anim. Sci.* 71:3073.
- Ward, G., L.H. Harbers and J.J. Blaha. 1979. Calcium containing crystals in alfalfa: Their fate in cattle. *J. Dairy Sci.* 62:715.
- Weakley, D.C., F.N. Owens, D.G. Heath and B.J. Shockey. 1977. Particle size and soybean meal value for ruminants. *J. Anim. Sci.* 45:265 (Abstr.)

Weakley, D.C., M.D. Stern and L.D. Satter. 1983. Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen. J. Anim. Sci. 56:493.

Yescas.Y, R. Bárcena, Gama, G. D. Mendoza, S. S. González, M. Cobos y Ortega M. E. 2004 .Digestibilidad *in situ* de dietas con rastrojo de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas. Programa en Ganadería. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados.Montecillos,Edo. de México. (rbarcena@colpos.mx).

10. ANEXOS

COMPARACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU DE LA MATERIA SECA (DISMS) INGREDIENTES PROTEICOS .

ANÁLISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	1	6.625000	6.625000	0.4723	0.512
FACTOR A	1	691.328125	691.328125	49.2868	0.000
FACTOR B	5	4297.933594	859.586731	61.2825	0.000
INTERACCION	5	266.152344	53.230469	3.7950	0.030
ERROR	11	154.292969	14.026633		
TOTAL	23	5416.332031			

C.V. = 7.62%

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A (PROTEICO)

TRATAMIENTO	MEDIA
PASTA DE SOYA	54.5150 a
HARINOLINA	43.7808 b

$P \leq 0.05$

DMS = 3.3653

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B (TIEMPOS DE INCUBACIÓN)

FACTOR B	MEDIA
----------	-------

1	32.667500
2	37.152500
3	40.345001
4	55.377499
5	59.165001
6	70.180008

POLINOMIOS ORTOGONALES PARA EL FACTOR CUANTITATIVO

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F	
LINEAL	1	4205.530	4205.530	299.825	**
CUADRATICO	1	68.210	68.210	4.862	*
CUBICO	1	0.040	0.040	0.00285	NS
CUARTICO	1	17.560	17.560	1.252	NS
QUINTICO	1	6.600	6.600	0.470	NS
ERROR	11	154.292966	14.026633		

COMPARACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU DE LA MATERIA
SECA
(DISMS) INGREDIENTES ENERGÉTICOS

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	1	3.421875	3.421875	0.1413	0.714
FACTOR A	1	6710.421875	6710.421875	277.0105	0.000
FACTOR B	5	2679.562500	535.912476	22.1228	0.000
INTERACCION	5	79.148438	15.829687	0.6535	0.667
ERROR	11	266.468750	24.224432		
TOTAL	23	9739.023438			

C.V. = 9.02%

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A (ENERGETICO)

TRATAMIENTO	MEDIA
SALVADILLO	71.2908 a
SORGO	37.8483 b

$P \leq 0.05$
DMS = 4.4225

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B (TIEMPOS DE INCUBACIÓN)

FACTOR B	MEDIA
1	38.787498
2	44.667500
3	51.717499
4	60.555000
5	62.342499
6	69.347504

POLINOMIOS ORTOGONALES PARA EL FACTOR CUANTITATIVO

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F
LINEAL	1	2450.12	2450.12	101.14 **
CUADRATICO	1	175.77	175.77	7.255 *
CUBICO	1	47.09	47.090	24.22 *
CUARTICO	1	2.62	2.62	0.108 NS
QUINTICO	1	3.96	3.96	0.163 NS
ERROR	11	266.468750	24.224432	

COMPARACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU DE LAMATERIA
SECA
(DISMS) INGREDIENTES FIBROSOS

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	1	100.078125	100.078125	9.1854	0.007
FACTOR A	2	7528.437500	3764.218750	345.4897	0.000
FACTOR B	6	7003.226563	1167.204468	107.1291	0.000
INTERACCION	12	396.015625	33.001301	3.0289	0.014
ERROR	20	217.90625	10.895312		
TOTAL	41	15245.664063			

C.V. = 7.26%

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A (FIBROSOS)

TRATAMIENTO	MEDIA
ALFALFA	64.1250 a
PAJA DE SORGO	39.0857 b
PAJA DE AVENA	33.2643 c

$P \leq 0.05$

DMS = 2.6025

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B (TIEMPOS DE INCUBACIÓN)

FACTOR B	MEDIA
1	28.553335
2	33.531666
3	36.170002
4	46.156666
5	47.473331
6	60.703339
7	65.853333

POLINOMIOS ORTOGONALES PARA EL FACTOR CUANTITATIVO

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F
LINEAL	1	6018.38	6018.38	552.382 * *
CUADRÁTICO	1	896.28	896.28	82.263 *
CUBICO	1	12.64	12.64	1.16 NS
CUARTICO	1	44.36	44.36	4.07 NS
QUINTICO	1	21.21	21.21	1.94 NS
SIXTICO	1	10.36	10.36	0.95 NS
ERROR	20	217.90625		

COMPARACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU DE LA MATERIA ORGANICA
(DISMO) INGREDIENTES PROTEICOS

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	1	45.875000	45.875000	18.4813	0.002
FACTOR A	1	65.472656	65.472656	26.3764	0.001
FACTOR B	5	2242.949219	448.589844	180.7195	0.000
INTERACCION	5	71.367188	14.273438	5.7502	0.008
ERROR	11	27.304688	2.482244		
TOTAL	23	2452.968750			

C.V. = 4.26%

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A (PROTEICO)

TRATAMIENTO	MEDIA
PASTA DE SOYA	38.6708 a
HARINOLINA	35.3675 b

$P \leq 0.05$

DMS = 1.4157

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

FACTOR B	MEDIA
1	23.597500

2	28.650002
3	33.139999
4	39.837502
5	44.807499
6	52.082497

POLINOMIOS ORTOGONALES PARA EL FACTOR CUANTITATIVO
ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	FC	
LINEAL	1	2180.25	2180.25	878.33	* *
CUADRATICO	1	46.67	46.67	18.80	*
CUBICO	1	10.70	10.70	4.31	NS
CUARTICO	1	4.19	4.19	1.68	NS
QUINTICO	1	1.14	1.14	0.459	NS
ERROR	11	27.304684	2.482244		

COMPARACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU DE LA MATERIA
ORGANICA (DISM0) INGREDIENTES ENERGÉTICOS

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	1	59.308594	59.308594	27.6512	0.000
FACTOR A	1	3096.964844	3096.964844	1443.8831	0.000
FACTOR B	5	2156.378906	431.275787	201.0716	0.000
INTERACCION	5	41.804688	8.360937	3.8981	0.028

ERROR	11	23.593750	2.144886
TOTAL	23	5378.050781	

C.V. = 3.47%

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A (ENERGETICO)

TRATAMIENTO	MEDIA
SALVADILLO	53.5625 a
SORGO	30.8433 b

$P \leq 0.05$

DMS = 1.3160

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B (TIEMPOS DE INCUBACIÓN)

FACTOR B	MEDIA
1	26.544998
2	34.092499
3	42.035000
4	46.320000
5	49.394997
6	54.830002

POLINOMIOS ORTOGONALES PARA EL FACTOR CUANTITATIVO

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	FC
LINEAL	1	1857.46	1847.56	865.99 * *
CUADRATICO	1	176.74	176.74	82.40 * *
CUBICO	1	99.16	99.162	46.23 *
CUARTICO	1	9.55	9.55	4.45 NS
QUINTICO	1	13.48	13.48	6.28 NS
ERROR	11	23.593746	2.144886	

COMPARACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU

MATERIA ORGANICA (DISM0) INGREDIENTES FIBROSOS

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	1	25.140625	25.140625	18.3781	0.001
FACTOR A	2	2775.195313	1387.597656	1014.3489	0.000
FACTOR B	6	5460.703125	910.117188	665.3055	0.000
INTERACCION	12	166.656250	13.888021	10.1523	0.000
ERROR	20	27.359375	1.367969		
TOTAL	41	8455.054688			

C.V. = 3.12%

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A (FIBROSOS)

TRATAMIENTO	MEDIA
ALFALFA	48.7193 a
PAJA DE SORGO	34.0771 b
PAJA DE AVENA	29.7129 c

$P \leq 0.05$

DMS = 0.9222

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B (TIEMPOS DE INCUBACIÓN)

FACTOR B	MEDIA
1	21.401667
2	26.316666
3	30.713333
4	37.691666
5	41.013332
6	50.985001
7	54.399998

POLINOMIOS ORTOGONALES PARA EL FACTOR CUANTITATIVO

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	FC	
LINEAL	1	4493.75	4493.75	3284.98	* *
CUADRATICO	1	923.69	923.69	675.22	* *
CUBICO	1	0.370	0.370	0.27	NS
CUARTICO	1	42.08	42.08	30.76	NS
QUINTICO	1	0.300	0.300	0.22	NS
SIXTICO	1	0.510	0.510	0.373	NS
ERROR	20	27.359381	1.367969		

COMPARACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU DE FIBRA

DETERGENTE NEUTRO (DISFDN) INGREDIENTES PROTEICOS

ANÁLISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	1	0.400391	0.400391	0.1024	0.752
FACTOR A	1	531.379883	531.379883	135.8696	0.000
FACTOR B	5	1540.107422	308.021484	78.7586	0.000
INTERACCION	5	169.044922	33.808983	8.6447	0.002
ERROR	11	43.020508	3.910955		
TOTAL	23	2283.953125			

C.V. = 9.96%

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A (PROTEICOS)

TRATAMIENTO	MEDIA
PASTA DE SOYA	24.5592 a
HARINOLINA	15.1483 b

$P \leq 0.05$

DMS = 1.7770

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B (TIEMPOS DE INCUBACIÓN)

FACTOR B	MEDIA
----------	-------

1	8.272500
2	12.520000
3	16.642500
4	23.847500
5	27.122499
6	30.717501

POLINOMIOS ORTOGONALES PARA EL FACTOR CUANTITATIVO

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	FC	
LINEAL	1	1428.36	1428.36	365.22	* *
CUADRATICO	1	107.64	107.64	27.52	*
CUBICO	1	3.56	3.56	0.91	NS
CUARTICO	1	0.12	0.12	0.03	NS
QUINTICO	1	3.43	3.43	0.87	NS
ERROR	11	43.020504	3.910955		

COMPARACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU DE FIBRA DETERGENTE

NEUTRO (DISFDN) INGREDIENTES ENERGÉTICOS

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	1	6.274414	6.274414	0.9128	0.638
FACTOR A	1	929.144531	929.144531	135.1658	0.000
FACTOR B	5	2419.073242	483.814636	70.3821	0.000

INTERACCION	5	344.289063	68.857811	10.0170	0.001
ERROR	11	75.615234	6.874112		
TOTAL	23	3774.396484			

C.V. = 12.39%

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A (ENERGETICOS)

TRATAMIENTO	MEDIA
SORGO	27.3858 a
SALVADILLO	14.9417 b

$P \leq 0.05$
DMS = 2.3559

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

FACTOR B	MEDIA
1	3.980000
2	13.480000
3	21.607498
4	24.370003
5	29.044998
6	34.500000

POLINOMIOS ORTOGONALES PARA EL FACTOR CUANTITATIVO

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	FC
LINEAL	1	2441.11	2441.11	296.92 * *
CUADRATICO	1	186.05	186.05	27.06 *
CUBICO	1	136.30	136.30	19.82 *
CUARTICO	1	41.75	41.75	6.07 *
QUINTICO	1	13.86	13.86	2.016 NS
ERROR	11	75.615233	6.874112	

COMPARACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU DE FIBRA DETERGENTE

NEUTRO (DISFDN) INGREDIENTES FIBROSOS

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	1	28.615234	28.615234	6.9378	0.015
FACTOR A	2	602.796875	301.398438	73.0749	0.000
FACTOR B	6	2100.109375	350.018219	84.8629	0.000
INTERACCION	12	272.042969	22.670248	5.4965	0.001
ERROR	20	82.490234	4.124512		
TOTAL	41	3086.054688			

C.V. = 9.86%

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A (FIBROSOS)

TRATAMIENTO	MEDIA
PAJA DE SORGO	24.1114 a
PAJA DE AVENA	22.3511 b
HENOI DE ALFALFA	15.3407 c

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 1.6012

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B (TIEMPOS DE INCUBACIÓN)

FACTOR B	MEDIA
1	10.519166
2	13.198333
3	17.863333
4	19.778334
5	23.551666
6	27.100000
7	32.196667

POLINOMIOS ORTOGONALES PARA EL FACTOR CUANTITATIVO

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	FC
LINEAL	1	1816.49	1816.49	166.722 * *
CUADRATICO	1	234.33	234.33	21.50 *
CUBICO	1	10.55	10.55	0.968 NS
CUARTICO	1	12.54	12.54	1.644 NS
QUINTICO	1	6.79	6.79	0.623 NS
SIXTICO	1	19.41	19.41	1.781 NS
ERROR	20	82.490244	4.124512	

COMPARACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU DE LA PROTEINA CRUDA

(DISPC) INGREDIENTES PROTEICOS.

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	1	0.038574	0.038574	0.0153	0.899
FACTOR A	1	721.716797	721.716797	286.2320	0.000
FACTOR B	5	1492.355957	298.471191	118.3733	0.000
INTERACCION	5	42.389648	8.477930	3.3623	0.043
ERROR	11	27.735840	2.521440		

TOTAL 23 2284.236816

C.V. = 9.85

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A (PROTEICOS)

TRATAMIENTO	MEDIA
PASTA DE SOYA	21.6125 a
HARINOLINA	10.6450 b

$P \leq 0.05$

DMS = 1.4268

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B (TIEMPOS DE INCUBACIÓN)

FACTOR B	MEDIA
1	7.277500
2	9.684999
3	12.332500
4	15.860001
5	20.742500
6	30.875000

POLINOMIOS ORTOGONALES PARA EL FACTOR CUANTITATIVO

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	FC
LINEAL	1	1469.58	1469.58	582.83 * *
CUADRATICO	1	12.08	12.08	4.791 NS
CUBICO	1	4.95	4.95	1.963 NS
CUARTICO	1	4.10	4.10	1.62 NS
QUINTICO	1	1.65	1.65	0.654 NS
ERROR	11	27.735840	2.521440	

COMPARACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU DE LA PROTEINA CRUDA

(DIS PC) INGREDIENTES ENERGÉTICOS

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	1	2.070313	2.070313	1.2901	0.280
FACTOR A	1	249.611328	249.611328	155.5445	0.000
FACTOR B	5	9046.636719	1809.327393	1127.4764	0.000
INTERACCION	5	208.816406	41.763283	26.0247	0.000
ERROR	11	17.652344	1.604759		
TOTAL	23	9524.787109			

C.V. = 4.71%

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A (ENERGETICOS)

TRATAMIENTO	MEDIA
SALVADILLO	30.1325 a
SORGO	23.6825 b

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 1.1383

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B (TIEMPOS DE INCUBACIÓN)

FACTOR B	MEDIA
1	3.115000
2	9.882500
3	16.815001
4	31.597500
5	39.680000
6	60.355000

POLINOMIOS ORTOGONALES PARA EL FACTOR CUANTITATIVO

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	FC
LINEAL	1	9010.57	9010.57	5614.90 * *
CUADRATICO	1	10.40	10.40	6.48 *
CUBICO	1	23.07	23.07	14.376 *

CUARTICO	1	0.45	0.45	0.280 NS
QUINTICO	1	2.14	2.14	1.33 NS
ERROR	11	17.652349	1.604759	

COMPARACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU DE LA PROTEINA CRUDA
(DIS PC) INGREDIENTES FIBROSOS

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	F	P>F
REPETICIONES	1	1.798828	1.798828	2.8400	0.104
FACTOR A	2	680.423828	340.211914	537.1215	0.000
FACTOR B	6	5274.833984	879.138977	1387.9716	0.000
INTERACCION	12	672.064453	56.005371	88.4204	0.000
ERROR	20	12.667969	0.633398		
TOTAL	41	6641.789063			

C.V. = 4.88%

COMPARACION DE MEDIAS DEL FACTOR A (FIBROSOS)

TRATAMIENTO	MEDIA
PAJA DE AVENA	19.2350 a
HENO DE ALFALFA	19.1000 a
PAJA DE SORGO	10.6300 b

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

DMS = 0.6275

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B (TIEMPOS DE INCUBACIÓN)

FACTOR B	MEDIA
1	4.036667
2	5.571667
3	7.406666
4	15.311666
5	17.321667
6	29.105001
7	35.498333

POLINOMIOS ORTOGONALES PARA EL FACTOR CUANTITATIVO

A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

FV	GL	SC	CM	FC	
LINEAL	1	4788.82	4788.82	7560.52	* *
CUADRATICO	1	402.26	402.26	635.08	* *
CUBICO	1	57.12	57.12	90.18	*
CUARTICO	1	5.33	5.33	8.415	*
QUINTICO	1	19.34	19.34	30.53	*
SIXTICO	1	1.96	1.96	3.01	NS
ERROR	20	12.667960	0.633398		

