

11662
3
2 y'

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLAN.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES

FORESTALES Y AGROPECUARIAS

EMPLEO DE LA TECNICA DE FERMENTACION RUMINAL PARA
MEDIR LA TASA DE DESAPARICION DE MS Y MINERALES
DE LOS FORRAJES.

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en el area de

NUTRICION ANIMAL.

P r e s e n t a

MVZ JAIME ROMERO PAREDES RUBIO

ASESOR : Dr. MARCELO PEREZ D.

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.

1990

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

Contenido	i
Indice de Cuadros	iii
Indice de figuras	iv
RESUMEN	v
1.- INTRODUCCION	1
2.- REVISION DE LITERATURA.	
A) Métodos para medir disponibilidad de minerales	4
B) Técnica de la bolsa de nylon o de digestibilidad <u>in situ</u> .	8
3.- HIPOTESIS	14
4.- OBJETIVO.	14
5.- EXPERIMENTO No. 1	
Desaparición <u>in situ</u> de la MS y algunos minerales de la alfalfa (<u>Medicago sativa</u>) a diferentes tiempos de digestión.	15
5.1 Objetivos	15
5.2 Material y metodos	15
5.3 Resultados y Discusión	20
5.4 Conclusiones	36
6.- EXPERIMENTO No. 2	
Efecto del tipo de dieta sobre la desaparición <u>in situ</u> de la MS y algunos minerales del pasto pangola (<u>Digitaria decumbens</u>) a diferentes tiempos de digestión.	37

6.1	Objetivos	37
6.2	Material y Metodos	37
6.3	Resultados y Discusión	40
6.4	Conclusiones	52
7.-	DISCUSION GENERAL.	53
8.-	CONCLUSIONES GENERALES.	58
9.-	RECOMENDACIONES.	59
10.-	LITERATURA CITADA	60
11.-	APENDICE.	68

INDICE DE CUADROS.

CUADRO	Pag.	
1.1	Tasas de desaparición de la MS y algunos minerales de la alfalfa (<u>Medicago sativa</u>) después de su digestión en rumen. _____	28
1.2	Materia seca y algunos minerales de la alfalfa (<u>Medicago sativa</u>), como porcentaje de la cantidad inicial. _____	29
1.3	Cantidad de algunos minerales de la alfalfa (<u>Medicago sativa</u>), en relación a la MS residual. _____	30
1.4	Contenido de algunos minerales en el heno de pasto y bacterias ruminales, de novillos alimentados con heno. _____	31
2.1	Efecto del tipo de dieta sobre la tasa de desaparición de la MS y algunos minerales del pasto pangola (<u>Digitaria decumbens</u>) después de su digestión en rumen. _____	45
2.2	Efecto del tipo de dieta sobre la concentración de materia seca y algunos minerales del pasto pangola (<u>Digitaria decumbens</u>) como porcentaje de la cantidad inicial. _____	46
2.3	Efecto del tipo de dieta sobre la cantidad de algunos minerales del pasto pangola (<u>Digitaria decumbens</u>) en relación a la MS residual. _____	47
2.4	Concentración de algunos minerales de la alfalfa (<u>Medicago sativa</u>) y del pangola (<u>Digitaria decumbens</u>), empleados en este experimento. _____	48

INDICE DE FIGURAS

FIG.		Pag.
1.1	Tasa de Desaparición de la MS, P, Mg y Zn de la alfalfa. _____	32
1.2	Porcentaje de MS, Ca, P, Mg y Mn de la alfalfa a diferentes tiempos de digestión ruminal. _____	33
1.3	Cantidad de P de la alfalfa en relacion a la MS residual a diferentes tiempos de digestión ruminal. _____	34
1.4	Porcentaje indigestible de la MS y minerales de la alfalfa a las 72 h de digestión ruminal. _____	35
2.1	Efecto del tipo de dieta sobre la tasa de desaparición de la MS del pasto pangola. _____	49
2.2	Efecto del tipo de dieta sobre la tasa de desaparición del P del pasto pangola. _____	50
2.3	Efecto del tipo de dieta sobre el porcentaje de Zn en pasto pangola a diferentes tiempos de digestión en rumen. _____	51

RESUMEN.

Empleo de la técnica de fermentación ruminal para medir la tasa de desaparición de materia seca y minerales de los forrajes. Tesis M. en C. Jaime Romero Paredes Rubio. Asesor: Ph.D Marcelo Pérez Domínguez. Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán. U.N.A.M.

Se realizaron dos trabajos con el fin de determinar la tasa de desaparición de la Materia seca (MS), Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Mn y Zn de la alfalfa y la MS, Ca, P, Mg, K, Cu, Mn y Zn del pasto pangola a nivel ruminal utilizando la técnica de digestibilidad in situ. En el primer trabajo se utilizaron 3 ovinos canulados en el rumen, alimentados con alfalfa a libertad. Los tiempos de incubación fueron: 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 72 y 96 h. Se emplearon bolsitas (11 x 5.2 cm) de nylon monofilamentoso, con 2 g de muestra de alfalfa. Los resultados mostraron que la tasa de desaparición (Kd) del Ca, Mg, Cu y Mn no difirió del de la MS ($P > 0.05$), siendo únicamente diferente con el P ($P < 0.01$) y con el Zn ($P < 0.05$). La desaparición del Ca, Mg y Mn fue semejante numéricamente. Las concentraciones del P al igual que para el Na y K aumentan en la muestra de alfalfa durante su digestión en rumen, de tal manera que la Kd del P fue cercana a cero (1.33 %/h), mientras que para el Na y K no se pudo realizar el cálculo de la tasa de desaparición. En el segundo experimento, se utilizaron 6 ovinos con cánula ruminal. En un primer período 3 animales fueron alimentados con alfalfa y 3 con pasto pangola; en un segundo período se les invirtieron las dietas. Los tiempos de incubación fueron: 0, 24, 48, 72 y 96 h, se utilizó el mismo tipo de bolsas que en el experimento anterior, la muestra de 2 g fue de pasto pangola. Los resultados mostraron que la tasa de desaparición fue mayor para la MS, Mg, K, Cu y Mn cuando los animales fueron alimentados con alfalfa, siendo esta diferencia significativa únicamente para la MS y el Mn ($P < 0.05$). Con ambas dietas el P fue el único elemento en que su tasa de desaparición difirió con la de la MS ($P < 0.05$ con alfalfa y $P < 0.004$ con pangola), siendo muy cercana a cero (0.12 %/h con alfalfa y 0.39 %/h con pangola). La dieta a base de pasto pangola aparentemente disminuyó el porcentaje indigestible de la MS, Ca, Mg, K y Zn del pasto pangola en el último tiempo de incubación, siendo esto mas manifiesto para el Zn. Con la dieta de alfalfa el porcentaje indigestible del Cu y el Mn disminuyó en los primeros tiempos de permanencia en el rumen. Se concluye que tanto para la alfalfa como para el pasto pangola, para dietas a base de alfalfa, los elementos que desaparecen posiblemente asociados con la MS son: el Ca, Mg, Cu y Mn; el K y Zn para el caso del pasto pangola con ambas dietas. La tasa de desaparición de la MS y del Mn del pasto pangola fue mayor con la dieta de alfalfa.

EMPLEO DE LA TÉCNICA DE FERMENTACIÓN RUMINAL PARA MEDIR LA TASA DE DESAPARICIÓN DE MS Y MINERALES DE LOS FORRAJES.

1.-INTRODUCCION.

En general, los forrajes y los ingredientes utilizados en la alimentación de rumiantes les suministran la mayoría de sus nutrimentos necesarios, incluyendo los minerales. Sin embargo, los desbalances de estos últimos (deficiencias y excesos) en suelos y/o forrajes han sido considerados como responsables de baja producción y problemas reproductivos. (García, 1980; Mc Dowell *et al.*, 1984; Perdomo, Sherley y Chicco, 1977).

La cantidad de minerales en un forraje y su disponibilidad para el animal, dependen de varios factores, entre los que se incluyen: la cantidad y forma química del mineral en el suelo, la especie forrajera y su estado de madurez, el manejo del pastizal, estación del año y el clima (Mc Dowell, *et al.*, 1984; Thorton, 1983). Los desbalances de minerales en suelos o forrajes, pueden traer como consecuencia la presentación de algunos signos clínicos en ganado bovino, entre los que se observan: pérdida de peso, despigmentación, desordenes de la piel, aborto no infeccioso, diarrea, anemia, anormalidades del hueso, tetania, pica y baja fertilidad (Mc Dowell *et al.*, 1984; Ribeiro, 1978). Esto ocasiona una baja en la producción y consecuentemente pérdidas económicas para el productor.

Para llevar a cabo una correcta suplementación de minerales, es necesario tener un conocimiento sobre su concentración y su disponibilidad biológica en los forrajes e ingredientes utilizados en la alimentación animal (Márquez *et al.*, 1977;

Perdomo, Shirley y Chicco, 1977). El contenido de minerales en los forrajes se puede determinar químicamente, sin embargo la disponibilidad biológica es más difícil de estimar (Kincaid y Cronrath, 1983; Mc Dowell, *et al.*, 1984). Se ha encontrado, por ejemplo, que los ácidos fítico y oxálico presentes en forma natural en algunos ingredientes, hacen indisponibles algunos minerales para el animal no rumiante (Russoff, 1981). Nuevas técnicas de investigación han demostrado, que los rumiantes pueden utilizar únicamente del 50 al 75 % del calcio proporcionado por el heno de alfalfa (Russoff, 1981). Sin embargo, la mayoría de los métodos usados para determinar la disponibilidad neta de los nutrimentos minerales son insatisfactorios, ya que dependen de la habilidad del animal para absorberlos, lo cual, a su vez, depende del estado de nutrición mineral del animal y de su estado fisiológico (Playne, Echevarria y Megarrity 1978). La forma química del elemento, así como las interacciones con otros minerales o nutrimentos, son factores que también afectan su disponibilidad (Stake, 1977).

Por lo tanto, un elemento en particular puede encontrarse en el alimento en concentraciones consideradas normales, sin embargo pueden presentarse condiciones de deficiencia debido a los factores antes mencionados. Un ejemplo de esto sucede cuando se administran dietas ricas en fitatos a pollos, cerdos y ratas, en los que se observa una reducción en la utilización del zinc, por la formación de compuestos de fitato-zinc insolubles. Otro ejemplo, son los niveles altos de proteína en la dieta que ocasionan una disminución en la absorción de cobre (Ivan y Veira, 1981). Igualmente, interacciones como las que suceden entre el

cobre, azufre y molibdeno, en las que se forman compuestos insolubles, ocasionan una baja disponibilidad de estos elementos (Givens y Hopkins, 1978).

Aún así, se han establecido métodos o técnicas para determinar en una forma indirecta la disponibilidad de minerales. La digestibilidad aparente y la retención neta en el organismo, así como la acumulación de un elemento dado en un tejido determinado, pueden ser criterios que nos indiquen la cantidad que utilizó el animal (Lamand, Amboulov y Rayssiguier, 1977; Perdomo, Shirley y Chicco, 1977).

Por todo lo anterior, se evidencia la necesidad de disponer de técnicas que permitan evaluar la disponibilidad biológica de un mineral en un alimento, lo que permitiría balancear una dieta de manera adecuada. Por lo tanto el objetivo de este trabajo fue el de evaluar un procedimiento para establecer la disponibilidad de algunos macro y microminerales a nivel ruminal de la alfalfa (Medicago sativa) y del pasto pangola (Digitaria decumbens).

2.-REVISION DE LITERATURA.

A). Metodos para medir disponibilidad de minerales.

Biodisponibilidad es la eficiencia con la cual los elementos minerales presentes en el alimento son absorbidos a través del tracto gastrointestinal y de esta manera estar disponibles para ser almacenados o utilizados por el organismo.

Los análisis químicos de los alimentos, solo dan información sobre la concentración de un nutrimento determinado, pero no sobre la efectividad con que es utilizado por el organismo, es decir, su biodisponibilidad.

Son muchos los factores que intervienen para que un nutrimento sea utilizado eficientemente por el animal. En lo referente a los minerales, Forbes y Erdman (1983) mencionan como factores inherentes a la dieta, el nivel de consumo del nutrimento, o su forma química; la presencia de promotores como el ácido ascórbico, o de inhibidores como el ácido cítrico y otros agentes quelatantes; las interacciones con la fibra, aminoácidos o incluso con otros elementos minerales; la especie animal, la edad y el estado fisiológico, entre otros.

Se han empleado varios métodos para tratar de evaluar la disponibilidad de los minerales en rumiantes (Burroughs, et al, 1951; Anderson, Cheng y Borroughs, 1956; Witt y Owens, 1983). Uno de los más empleados ha sido el método de balance, el cual consiste en considerar la cantidad de elementos consumidos y excretados y por diferencia calcular el porcentaje o cantidad del elemento retenido. Perdomo, Shirley y Chicco (1977) trabajando con: Digitaria decumbens, Panicum maximum, Cynodon

Plectostachyum y Brachiaria decumbens, determinaron por el método de balance la digestibilidad aparente y retención neta de 8 elementos minerales (Ca, P, Mg, K, Na, Fe, Cu y Zn). Ellos encontraron que la digestibilidad y retención de Ca, P, Na y Cu por la oveja, tienden a declinar con la madurez del forraje, mientras que la disponibilidad del Mg y del Fe tiende a incrementarse.

El fósforo es de los elementos que más han sido estudiados, ya que además de ser uno de los más importantes para las bacterias celulolíticas del rumen es uno de los elementos más limitantes en los forrajes en áreas tropicales. Edwards y Gillis (1959) empleando la técnica de balance, reportan valores sobre utilización de fósforo en términos de porcentaje de absorción. Nieto (1983) empleando dietas purificadas libres de minerales, elaboró un método para determinar de una forma indirecta por medio de balance, la disponibilidad biológica aparente de los elementos minerales contenidos en los forrajes. Las técnicas de balance, sin embargo, determinan la absorción aparente sin considerar la excreción endógena del mineral. En estos casos, se asume que la absorción del elemento sobre el consumo del mismo, es lineal y que la excreción endógena es independiente del consumo. (Hurwitz, 1964).

La aplicación de técnicas utilizando marcadores intrínsecos y extrínsecos, han sido muy importantes en estudios de biodisponibilidad de algunos elementos, como es el caso del hierro (Forbes y Erdman, 1983) y del zinc (Evans y Johnson, 1977). En algunos trabajos, se han utilizado isótopos radioactivos y recientemente también isótopos estables del Zn,

Fe, Cu y del Se (Janghorbani *et al.*, 1981; Knig, Reynold y Margen, 1978; Schricker, *et al.*, 1981; Turnland y Michel, 1981).

Otra forma de medir la disponibilidad e los elementos es por medio de lo que Hurwitz (1964) llama método de la "pendiente" de la línea de regresión. En este método se utiliza como referencia una fuente del elemento a investigar de una disponibilidad conocida, al cual se le considera como compuesto o fuente estandar. Se utilizan por lo menos tres niveles de cada fuente (el estándar y la o las fuentes con el elemento en estudio de disponibilidad desconocida), dentro de un rango de concentraciones de menor a mayor, que se espera produzcan una respuesta lineal en el criterio de respuesta que se haya empleado. Así, la diferencia de la pendiente obtenida con las fuentes a investigar en relación a la pendiente de la fuente considerada como estandar nos dará el porcentaje de la biodisponibilidad relativa del elemento. (Forbes y Erdman, 1983).

El criterio de respuesta utilizado para evaluar la biodisponibilidad, varía con el elemento en estudio y deberá ser sensible a diferentes niveles de consumo, incluyendo aquellos por abajo de los requerimientos fisiológicos. Para esto, deben emplearse dietas bien balanceadas. Tagari, Silanikore y Hurwitz (1981) trabajando con el método de la pendiente de la línea de regresión, encontraron que la absorción y utilización neta del fósforo de la pollinaza, esterilizada con calor, empleada en borregos, fue de 60 % en relación al fosfato dicálcico. Con este mismo método, Tillman y Brethour (1958) encontraron una disponibilidad de 62.9 y 69.6 % de fósforo, a partir del fitato

de calcio y del fosfato monocálcico respectivamente. Sin embargo, Lofgreen (1960) con esa misma metodología encontró únicamente un 33% de disponibilidad de fósforo a partir del fitato de calcio y de 66% a partir del fosfato dicálcico.

Witt y Owens (1983) emplearon el método de la pendiente de la línea de regresión para estimar la disponibilidad relativa de varias fuentes de fósforo para bovinos, utilizaron como criterio de respuesta la solubilidad de fósforo en el rumen, para ello, tomaron muestras de contenido ruminal de los novillos y encontraron un 88, 62 y 40 % de disponibilidad en rumen para el fosfato monocálcico, fosfato dicálcico y roca fosfórica defluorinada respectivamente, comparada con fosfato dibásico de sodio ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) como fuente o compuesto estandar. Chicco et al., (1965) sugieren que la solubilidad en el rumen es un buen indicador de la disponibilidad de fósforo. Estos autores encontraron que se requieren 60 mg o más de fósforo disponible por litro de líquido ruminal, para llevar a cabo una digestión máxima de la celulosa.

Una de las formas en que se podría medir la solubilidad de un elemento a nivel ruminal a partir de los forrajes, es empleando la técnica de la bolsa de nylon (Orskov, Hovell y Mould, 1980), la cual, originalmente se empleó para medir la digestibilidad o desaparición del nitrógeno y materia seca, pero que podría emplearse para determinar la solubilidad de minerales en el rumen los cuales pueden ser disponibles para los microbios del rumen o bien para ser utilizados por el animal.

B). Técnica de la bolsa de nylon o de digestibilidad in situ.

La historia del desarrollo de métodos para determinar el valor nutritivo de los alimentos para animales es larga, (Mehrez y Orskov, 1977; Orskov, Hovell y Mould, 1980). Para la evaluación de alimentos para ruminantes la prueba de digestibilidad in situ se sigue utilizando, no obstante las técnicas in vivo desarrolladas actualmente (Mehrez y Orskov, 1977). La prueba de digestibilidad a nivel ruminal, empleando una bolsa de fibra artificial presenta ciertas ventajas entre las que se pueden señalar, su rapidez, confiabilidad y economía (Orskov, Hovell y Mould, 1980; Tomlin, Anderson y Harris, 1974; Uden, Parra y Van Soest, 1974), ya que es un método relativamente rápido en el que se puede evaluar, la tasa y el grado de degradación de los alimentos en rumen (Orskov, Hovell y Mould, 1980).

La prueba de digestibilidad in situ utilizando bolsas de nylon, se ha venido usando por diversos investigadores, desde que Quin Vander Wath y Myburgh en 1938, plantearon la posibilidad de usar bolsas de fibra artificial o seda, para evaluar los alimentos a partir de su digestibilidad o desaparición dentro del rumen. (Van Keuren y Heinemann, 1962; Kempton, 1980; Mehrez y Orskov, 1977; Orskov, Hovell y Mould, 1980; Weakley, Stern y Satter, 1983).

La técnica de la bolsa de fibra artificial (bolsa de dacrón, bolsa de nylon, bolsa ruminal), provee una poderosa herramienta para la evaluación inicial de los alimentos a través de su degradación y entender mejor que ocurre en el rumen durante el proceso de fermentación (Orskov, Hovell y Mould, 1980). Por esto

mismo, se ha venido usando y perfeccionando con el fin de determinar la digestibilidad o desaparición de la materia seca (Neathery, 1969), de la proteína (Orskov y Mc Donald, 1970; Jordan et al., 1984) o bien de minerales (Playne et al., 1972, 1978).

Se han reconocido por lo menos dos limitaciones importantes en el uso de esta técnica. Primero, al estar la muestra confinada dentro de la bolsa, no está expuesta a ninguna molturación debido a la masticación y rumia; segundo, si el alimento ha sido molido muy fino, este podría salir de la bolsa considerándose como que ha sido degradado. Por lo tanto, algunos autores han recomendado que los resultados deban ser usados como indicadores cualitativos mas que cuantitativos (Orskov, Hovell y Mould, 1980).

La precisión de la técnica de digestibilidad in situ de nutrimentos de los forrajes, puede estar afectada por diversos factores como pueden ser: Tamaño de la bolsa, diámetro del poro, material con que se elabore la bolsa, tamaño de partícula de la muestra, tamaño de la muestra en relación al tamaño de la bolsa, posición de la bolsa dentro del rumen y componentes dietéticos (Weakley, Stern y Satter, 1983).

El tamaño de la bolsa es importante, ya que se necesita tener una bolsa lo suficientemente grande en relación al tamaño de la muestra, para que el líquido ruminal penetre fácilmente a la bolsa y se mezcle con la muestra; por otro lado, el tamaño debe ser lo suficientemente pequeño, para que pueda ser fácilmente introducido y retirado a través de la cánula ruminal. Para ovinos el tamaño que se ha utilizado es de 11 por 5.2 cm

(57.2 cm²) (Rivas, Pérez y Vázquez, 1983).

Igualmente, de acuerdo al **diámetro del poro** que tenga la bolsa, se va a permitir o no el pasaje de partículas sólidas a través de ellas. La porosidad del material empleado en la fabricación de las bolsas de nylon, tiene efecto significativo en la tasa de desaparición de la materia seca, durante un periodo de incubación de 72 h. Van Hellen y Ellis (1977) consideran que 10 μ debe ser el máximo de tamaño para un poro, si se quieren prevenir pérdidas de sólidos, ya que con un aumento en el poro de la bolsa se correra el riesgo que muchas partículas no digeridas salgan de la bolsa, dando como resultado valores erróneos en la digestibilidad.

En cuanto al **tamaño de partícula**, Lawrey (1969, citado por Orskov, Hovell y Mould, 1980) no encontró diferencias en las pérdidas de materia seca, con forrajes molidos a través de una criba de 4, 3, 2 o 1 mm, resultados que concuerdan con los de Rodríguez (1968b) y los de Kempton e Hiscox (datos no publicados; citado por Kempton, 1980). Sin embargo, con granos de cereal quebrado y con harina proteica, la degradabilidad de la materia seca se incrementó al reducirse el tamaño de la partícula, (Mohamed y Smith, 1977; citado por Kempton, 1980). Playne, McLeod y Dekker (1972) mencionan que pueden llegar a ocurrir pérdidas pasivas de material de 1 mm, a través de los poros de la bolsa.

El **tiempo de incubación** necesario para la degradación completa, dependerá del tipo de alimento que se esté evaluando. En forma general, los concentrados requerirán menos tiempo que

los forrajes y de estos, los de baja calidad necesitan mas tiempo para su degradación (Orskov, Hovell y Mould, 1980). Sin embargo, se hace necesario otro tipo de estudios paralelos a la digestibilidad in situ, para estimar el tiempo óptimo de permanencia en el rumen y poder establecer el grado de degradación del alimento en estudio.

El tamaño de la muestra en relación al tamaño de la bolsa, es otro de los factores que es necesario tomar en cuenta. Ha sido observado por muchos investigadores (Tomlin, Anderson y Harris, 1974; Mehrez y Orskov, 1977) que a medida que se aumenta el tamaño de la muestra, permaneciendo constante el tamaño de la bolsa, existe una disminución en la degradabilidad del alimento. La cantidad de muestra que sea incubada, dependerá de la densidad de la misma por el volumen que ocupa en la bolsita, para paja molida por ejemplo, se necesitará una menor cantidad (2 g) que para heno (3 g), concentrado (5 g) o para forrajes verdes (10-15 g) (Orskov, Hovell y Mould, 1980). Tomlin, Anderson y Harris (1974), sugieren que el peso de la muestra no debe exceder de 0.1 g de M.S./cm de longitud de la bolsa.

La posición de la bolsa dentro del rumen puede ser importante, Balch y Johnson (1950) encontraron que la digestión se llevaba a cabo más rápidamente, cuando las bolsas fueron incubadas en el saco ventral del rumen, sin embargo, Erwin y Ellison (1959) y Rodríguez (1968a) mostraron que la posición de las bolsas en el rumen, no tuvo efecto sobre la degradación de varios alimentos.

El número de bolsas que se recomienda incubar, va a variar según la especie animal que se este empleando, siendo mayor en el

caso de bovinos y menor en el de ovinos. Rivas (comunicación personal, 1986) trabajando con ovinos, encontró muy poca variabilidad al incubar 14 bolsas a nivel ruminal, "... siendo la principal limitante el retirado de las bolsas desde el rumen y no la interacción de las bolsas dentro del rumen..." (Orskov, Hovell y Mould, 1980).

La dieta puede tener un efecto muy significativo sobre la degradación de los alimentos, ya que las bacterias predominantes en el rumen, serán aquellas que sean necesarias para digerir el alimento que se está proporcionando en ese momento; por ejemplo, si se incuba forraje y la dieta del animal es alta en concentrados, la actividad celulolítica en el rumen estará reducida y por lo tanto, el forraje estudiado tendrá una baja digestibilidad (Orskov, Hovell y Mould, 1980).

Mehrez y Orskov (1977) considerando los factores, animal, bolsa y días (o repeticiones), encontraron que la principal fuente de variación en la desaparición de la materia seca de las bolsas, fue debido al factor animal (6.2 % en promedio), de tal manera que para tener una menor variación (3.43 %), recomiendan utilizar por lo menos 3 ovejas con una bolsa por tiempo y 2 réplicas o periodos.

Playne, Mcleod y Dekker (1972) han explorado la posibilidad de emplear la técnica de la bolsa de nylon o de digestibilidad in situ, para evaluar la desaparición de elementos minerales a nivel ruminal. Estos autores trabajando con Stylosanthes humilis evaluaron la desaparición del N, P, S, y Ca, así como fibra neutro detergente y lignina, en las semillas y vainas de esa

leguminosa; encontraron que después de 48 h en el rumen, la desaparición del P fué rápida y completa en las semillas y en las vainas, mientras que la desaparición de N y S fué más baja, pero excedió el 73 %, el calcio fue lentamente solubilizado tanto en las semillas como en las vainas.

3. HIPOTESIS Y OBJETIVO.

La técnica de Digestibilidad in situ podrá ser un buen método para indicar el grado de solubilidad o desaparición de los minerales de los forrajes a nivel ruminal.

La solubilidad de los minerales en el líquido ruminal es deseable si posteriormente son absorbidos en el tracto digestivo del rumiante.

4. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la técnica de digestibilidad "in situ", para determinar la tasa de desaparición de elementos minerales de la alfalfa y el pasto pangola.

5. EXPERIMENTO No. 1

DESAPARICION *in situ* DE LA MATERIA SECA Y ALGUNOS MINERALES DE LA ALFALFA (*Medicago sativa*) A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION.

5.1 Objetivos:

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- 1) Determinar la tasa de desaparición de la materia seca y elementos minerales de la alfalfa (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Mn y Zn) en el rumen a diferentes tiempos de incubación.
- 2) Comparar las tasas de desaparición entre la materia seca y los elementos minerales.

5.2 Material y Metodos.

Localización: El trabajo fue realizado en el laboratorio de Minerales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, ubicado en el km 15.5 de la carretera México Toluca, Palo Alto, Méx. D.F. Este sitio tiene su localización a los 19° 29' 40" de latitud norte y a los 99° 15' 69" de longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 2724 m y con una precipitación pluvial media anual de 950 mm.

Animales y dietas: En el presente trabajo se usaron 3 ovinos encastados de Merino con un peso promedio de 45 kg. Los animales fueron fistulados en el rumen, según la técnica de Hecker y provistos de una cánula flexible de Harret con un diámetro de 2.4 cm (Hecker, 1969; Rivas, Pérez y Vázquez, 1983). Estos animales fueron alimentados con alfalfa henificada a libertad.

Bolsas: Las bolsas empleadas fueron elaboradas con nylon monofilamentoso, de acuerdo a las descritas por Rivas, Pérez y Vázquez (1983). Antes de utilizar las bolsas, estas fueron puestas en la estufa a 65 C durante 12 h para determinar su peso en base seca.

Muestras: Se tomó una muestra de heno de alfalfa (Medicago sativa) cortada al inicio de la floración, fue lavada dos veces en cada caso con agua corriente, agua destilada y agua deionizada; posteriormente se lavó con una solución de ácido clorhídrico al 3 %, con el fin de eliminar cualquier residuo de tierra o partículas ajenas al forraje; por último se enjuagó una vez más, con agua deionizada para eliminar los residuos del ácido (Júarez et al., 1985).

La muestra se secó a temperatura ambiente durante 48 h. Posteriormente se secó en una estufa de aire forzado a 50 C por un lapso de 12 h. La alfalfa seca fue molida con una criba de 2 mm en un molino Thomas Wiley; se almacenó en bolsas de polietileno hasta el momento en que fue utilizada. La cantidad de muestra empleada fue de dos gramos.

Colocación de la bolsa: Una vez colocados los 2 g de muestra de alfalfa dentro de las bolsas, se anudaron lo más cerca posible de la boca de la bolsa con hilo nylon filamentosos, usando un nudo triple con doble vuelta (ballestrinque). Las bolsas se colocaron dentro de una estufa a 65 C durante 24 h para ponerlas a peso constante. Posteriormente, se introdujeron en un desecador hasta el momento en que fueron pesadas en frío en una balanza analítica.

Antes de ser introducidas en el rumen, las bolsas fueron

sumergidas en agua deionizada a una temperatura de 39 C durante un minuto (Orskov Hovell y Mould, 1980). A cada bolsa se le amarró con un hilo de nylon multifilamentoso de 25 cm de longitud, que sirvió para amarrar la bolsa al tapón de la cánula. A cada borrego se le introdujeron 10 bolsas en el rumen, a intervalos de 24, 12, 6 y 3 h, de tal manera que 96 h después de haber introducido la primera bolsa, se tuvieron los siguientes tiempos de incubación: 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 72 y 96 h. Además, se tuvo el tiempo cero el cual estuvo dado por una bolsa a la que se le realizó únicamente el lavado posincubación.

Las bolsas fueron retiradas y lavadas al mismo tiempo, reduciendo de esta manera, posibles variaciones al momento de efectuar el lavado.

El lavado posincubación se hizo con agua destilada hasta que escurriera líquido color claro, después fueron lavadas con agua deionizada y se dejaron escurrir a temperatura ambiente durante 12 h. Posteriormente se pusieron a secar en una estufa a 65 C durante 24 h, se enfriaron en un desecador y se pesaron.

Análisis químicos: Antes y después de que las muestras fueran procesadas con la técnica de digestibilidad in situ se les determinó su contenido de los siguientes minerales: Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Mn, y Zn. Para la preparación de las muestras se empleó el método descrito por Juárez et al., (1985). La determinación del fósforo se realizó empleando el método del fosfomolibdato de amonio, para ello se utilizó un espectrofotómetro de luz U.V.-visible, marca Beckman modelo 34, digital. El resto de los minerales se determinaron por medio de espectrofotometría de

absorción atómica, usando un aparato marca Perkin Elmer, modelo 650.

Réplicas: Para tener una menor fuente de variación y siguiendo las recomendaciones de Mehrez y Orskov (1977), se utilizaron 3 ovejas con una sola bolsa por tiempo, es decir, 10 bolsas por animal, repitiéndose el procedimiento una vez más, teniendo de esta manera dos repeticiones en el mismo animal y 6 observaciones por tiempo de incubación.

Variable de respuesta: La variable de respuesta evaluada fue:

Tasa de digestión o desaparición (%/h) de cada elemento así como de la MS. La tasa de desaparición es el porcentaje de Material Potencialmente Digestible (MPD), que desaparece durante la digestión en rumen en la unidad de tiempo (h).

Se considero como material potencialmente digestible (MPD), aquel que ha desaparecido al tiempo de incubación en que se encuentra la menor cantidad de MS (g) o elemento mineral (mg o ug) en estudio. De esta manera, se obtiene el porcentaje de material indigestible; con este dato se calcula el MPD para cada tiempo de incubación.

Análisis de resultados: Con cada una de la serie de muestras incubadas en cada uno de los animales a diferentes tiempos de digestión, se calculó la tasa de desaparición del material potencialmente digestible (MPD), tanto de la MS como de los elementos minerales, de acuerdo al procedimiento descrito por Mertens (1977), que consiste en expresar en forma lineal logarítmica (\ln) el MPD, en función del tiempo, siendo la

pendiente de esta línea la que indica la tasa de digestión o desaparición (k_d), expresándose en %/h. Posteriormente se compararon las pendientes (tasas de desaparición), de la MS con la de cada uno de los elementos minerales por medio de una prueba de T de Student (Steel and torrie, 1988), con el objeto de conocer que elemento mineral desaparece en la misma forma que la MS.

5.3 Resultados y Discusión.

Los resultados se muestran en tres formas:

a) Tasas de desaparición (Kd) de la MS y minerales (cuadro 1.1)

b) Porcentaje de MS y de cada elemento mineral que se detectó en la muestra de alfalfa, en cada uno de los tiempos de digestión, en relación a la cantidad inicial. (cuadro 1.2)

c) Cantidad de minerales en relación a la materia seca residual (mg o ug/g) (cuadro 1.3).

Al comparar las medias de las tasas de desaparición, de la MS con la de cada uno de los elementos minerales, se encontró que únicamente las del P ($P < 0.01$) y Zn ($P < 0.05$) fueron diferentes a la de la MS, mientras que para otros elementos (Ca, Mg, Mn y Cu), no lo fueron (cuadro 1.1; en la fig. 1.1 se muestran gráficamente las tasas de desaparición de la MS, P, Zn y Mg; con los otros elementos en la fig A.1 del apéndice). Esto podría indicar que el Ca, Mg, Mn y Cu desaparecen en la misma forma que la MS conforme transcurre el tiempo de permanencia de la muestra en el rumen. Para el Na y el K, al haber un incremento en la cantidad de estos en la alfalfa, durante la digestión ruminal, no se pudo calcular su tasa de desaparición (cuadro 1.2).

Gráficamente se observa que la desaparición del Ca, Mg y Mn es semejante entre ellos (fig. 1.2). Se encontró que para estos tres elementos, el menor porcentaje indigestible se alcanzó a las 72 h, (37.7, 34.5 y 26.7 % para el Ca, Mg y Mn respectivamente) (cuadro 1.2), para la MS el menor porcentaje indigestible fue encontrado hasta las 96 h (56.4 %), sin ser muy diferente de

aquel encontrado a las 72 h (57.0 %).

Si el alimento, en este caso la alfalfa, continuara en el rumen por un tiempo indefinido, llegaría un momento en que ya no habría cambios en la digestibilidad o desaparición de la MS y minerales del forraje. Para los resultados del presente experimento fue a las 72 h en que se encontró el menor porcentaje indigestible, es decir, a ese tiempo se llevó a cabo la digestión de todo el material potencialmente digestible de la MS y minerales de la alfalfa, con excepción del P, Na y K. En la fig. 1.4 se muestra la comparación del material indigestible a las 72 h de la MS y elementos minerales.

Playne, Echevarria y Megarritty (1978) encontraron que en la alfalfa, la mayor parte del elemento mineral en estudio (Ca, P, S, Mg y K) desaparecía en las primeras 24 h de incubación (50.0, 75.0, 80.0, 68.0 y 93.0 % respectivamente). En el presente trabajo, algunos resultados como los de Ca y Mg (49.0 y 54.0 % respectivamente) concuerdan con los encontrados por estos investigadores (cuadro 1.2).

La tasa de desaparición del Zn fue diferente a la encontrada para la MS (2.57 vs 5.01 %/h respectivamente) ($P < 0.05$) (fig.1.1; cuadro 1.1), aún cuando la cantidad de Zn disminuye, conforme transcurre el tiempo de permanencia en el rumen en la misma forma que la MS (cuadro 1.2). La desaparición del Cu no fue tan manifiesta como en el caso de los otros elementos, ya que su concentración se mantiene sin cambios desde el inicio hasta las 36 h (cuadro 1.2), sin embargo, la forma en que desaparece el material digestible (Kd) (3.93 %/h) no difirió de aquella de la MS ($P > 0.05$) (cuadro 1.1).

La cantidad de P, Na y K aumenta en la muestra de alfalfa durante las primeras horas de digestión ruminal para después disminuir (cuadro 1.2), de tal manera que, para el P a las 96 h se encontró el menor porcentaje indigestible (55.4 %), no siendo muy diferente numéricamente del encontrado para la MS a ese mismo tiempo (56.4 %) (cuadro 1.2; fig. 1.2). Sin embargo, la tasa de desaparición del P fue diferente a la de la MS (1.33 vs 5.01 %/h respectivamente) ($P < 0.01$) (cuadro 1.1).

En cambio, para el Na y el K el menor porcentaje encontrado el cual fue a las 96 h de digestión ruminal, fue mayor a la cantidad inicial (113.6 y 105.9 % para Na y K respectivamente) (cuadro 1.2), por tal motivo no se pudo calcular su tasa de desaparición. Playne, Echevarria y Megarrity (1978) reportan valores muy diferentes para el potasio, ya que la concentración de este elemento en la muestra de alfalfa, en relación a la cantidad inicial, disminuye durante su digestión en rumen de tal manera que, a las 96 h se encuentra solo un 10 % de la cantidad original.

El incremento de estos dos elementos electrolíticos en la muestra de alfalfa, durante el tiempo que permaneció en digestión en el rumen, se puede explicar por los diferentes gradientes de concentración que existen entre el fluido ruminal y la muestra que se encuentra en la bolsa.

Como el Na y el K se reciclan por medio de la saliva (Kay, 1960; citado por Church 1976), la cantidad de estos elementos electrolíticos en el líquido ruminal, posiblemente sea mayor que en la muestra de alfalfa, de tal manera que por diferencia en los

gradientes de concentración, el mineral penetra en la bolsa y se fija en la fibra.

La unión del K y del Na en la fibra, puede explicarse por el hecho de que los forrajes poseen una característica llamada Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), esta, es debida a grupos aniónicos ionizados que están expuestos al medio (McBurney, 1981; citado por Allen, 1986). La celulosa tiene una baja CIC, sin embargo, la lignina y los taninos tienen una alta CIC, debido a que presentan ácidos carboxílicos y grupos fenólicos, mientras que las pectinas y hemicelulosa contienen ácidos urónicos teniendo una variable CIC (Allen, 1982; citado por Allen, 1986). El K y el Na al ser cationes, pueden unirse a estos grupos aniónicos que posee el forraje, durante su digestión en rumen y resulte en valores altos sobre la cantidad original (cuadro 1.2).

La concentración de P de la muestra en incubación, indica que hubo una mayor resistencia a su desaparición, ya que en algunos tiempos de digestión se encontraron cantidades superiores al valor original (fig 1.2). La media de las tasas de desaparición del P (1.33 %/h) (cuadro 1.1)(fig.1.1), tuvo un valor cercano a uno, esto sugiere que hubo una pequeña desaparición de este elemento. Para obtener la media de la tasa de desaparición del P se consideraron únicamente cinco observaciones, ya que con una de ellas el menor porcentaje indigestible se encontró a las 9 h de digestión, de tal manera que únicamente se tendrían dos valores, con los que no se puede trazar una línea de regresión y por lo tanto tampoco calcular la tasa de desaparición (apéndice).

Playne, Mc Leod y Dekker (1972) encontraron que el P de semillas y tallos de la leguminosa Stylosanthes humilis, se solubilizo rápidamente de muestras colocadas en bolsas de terylene en el rumen de bovinos. A las 72 h encontraron un 99.0 % de P desaparecido de las semillas y un 65 % de los tallos; asi mismo, Playne, Echevarria y Megarrity encontraron posteriormente (1978) que el P de la alfalfa (Medicago sativa) colocada en bolsas de nylon se solubilizo en un 80 % a las 72 h de digestión en rumen. Sin embargo, esos mismos autores en ese experimento encontraron que el P fue uno de los elementos que se solubilizó en menor cantidad de una muestra de Stylosanthes humilis (30 % de desaparición a las 72 h) y de la gramínea Chloris barbata (45 % a las 72 h), lo que semeja con el presente trabajo, ya que a las 72 h se encontró el 65 % de la muestra inicial. Esto indica que existe una dificultad en la liberación de P, lo cual puede ser debido a varias razones:

1) A que el P esta unido a una molécula indigestible.

2) A un "atrapamiento" físico del elemento en una fibra no digerida durante el tiempo de digestión en rumen.

3) A la falta de un gradiente de concentración entre el residuo y la solución del rumen, de tal manera que el P penetra a la muestra de forraje que se encuentra en la bolsa (Playne, Echevarria y Megarrity, 1978).

4) A la presencia de bacterias ruminales que se unen fuertemente a la fibra no digerida, de tal manera que no pueden ser removidas durante el lavado de las bolsas al final de la digestión.

1) El aumento en la concentración de un elemento conforme transcurre el tiempo de incubación, puede significar que la mayor parte está unido a la fracción indigestible de las paredes celulares, que puede ser la molécula de lignina-celulosa. Playne, Echevarria y Megarrity (1978) encontraron que la proporción de paredes celulares en la materia seca de la alfalfa aumenta, conforme transcurre el tiempo de incubación en el rumen. Esto indica que los elementos que se comporten de la misma manera, pueden estar unidos firmemente a esta fracción de la MS, tal es el caso del P, K y Na, lo cual se muestra en el cuadro 1.3. En este cuadro se puede observar que la cantidad de estos elementos (mg/g) en relación a la materia seca residual es mayor, al aumentar el tiempo de permanencia en rumen.

El Ca, Mg, Mn y Zn aparentemente disminuyen en relación a la MS residual (Cuadro 1.3). Esto sugiere que la desaparición de estos elementos es más rápida en las primeras horas de digestión que la desaparición de la MS, por lo que, posiblemente estos minerales se encuentren en la parte más soluble de la MS, es decir, en la fracción digestible de las paredes celulares.

En el caso del Cu, aparentemente aumenta ligeramente en relación a la MS residual, por lo que es probable que se encuentre en mayor cantidad en las paredes celulares o en la porción indigestible de la MS, ya que su desaparición se inicia a partir de las 12 h y a las 72 h todavía se encuentra el 70 % del contenido inicial (cuadro 1.2). Para confirmar que minerales se encuentran en la porción más digestible o indigestible de la MS, es recomendable realizar un análisis cuantitativo y cualitativo de los minerales en las fracciones de fibra de la

alfalfa.

2) El "atrapamiento" físico del elemento en una fibra no digerida fue comprobado por Chávez (1988), al incubar in vitro muestras de alfalfa con diferentes tiempos de digestión, en dos tipos de soluciones: agua deionizada y líquido ruminal libre de bacterias, (ambas con 4 niveles de fósforo). Con los dos tipos de soluciones se encontró una mayor saturación de fósforo en la alfalfa, incrementándose a medida que aumenta el tiempo de digestión o el nivel de P en la solución. Este atrapamiento físico de los minerales por la alfalfa, posiblemente sea en forma de sales.

3) Al igual que el Na y el K, el P también se recicla a través de la saliva en forma de fosfatos (Kay, 1960; citado por Church, 1976), estos, al llegar al rumen pueden elevar las concentraciones de P en el líquido ruminal, en relación a la que se encuentra en la muestra colocada en la bolsa y por diferencia en los gradientes de concentración el elemento se fija en la fibra de la muestra y aumenta la cantidad de P en relación a la cantidad original.

4) La presencia de bacterias ruminales en la fibra no digerida pueden aumentar la cantidad de minerales en la MS residual. Martínez (1973; citado por Church, 1976) al estudiar las relaciones que existen entre la concentración de minerales en la dieta, fluido ruminal y bacterias, encontró que en estas últimas, hay concentraciones moderadas de K, P, Fe y Zn (cuadro 1.4); en el presente trabajo, el P, Na y K aumentan en la muestra en incubación conforme transcurre el tiempo de permanencia en el

rumen. Esto sugiere que parte de estos minerales pudieran ser aportados por las bacterias que se fijan a la fibra no digerida.

El fósforo, uno de los elementos de interés en este estudio, al encontrarse en las moléculas de fosfolípidos y estas a su vez en la membrana de muchas células animales y en la de las bacterias ruminales, es de los elementos que aumenta en la MS residual a nivel ruminal (fig. 1.3), probablemente por la presencia de bacterias ruminales. Por lo que es necesario cuantificar el aporte de minerales por las bacterias, o bien, eliminar las bacterias mediante un proceso de digestión enzimática de la fibra no digerida.

Otros elementos como el Ca, Mg, Mn, y Cu, fueron encontrados por Martínez (1973; citado por Church, 1976) en menor cantidad en las bacterias del rumen (cuadro 1.4), es probable que esto mismo sucediera en el presente experimento, ya que estos minerales disminuyen en la MS residual (cuadro 1.3). En lo que se refiere a sus tasas de desaparición, estas son similares a la de la MS. Esto sugiere que, aun cuando se fijan bacterias a la fibra no digerida, estas no aumentarían en gran medida las concentraciones de Ca, Mg, Mn y Cu en la MS residual.

Aun cuando se han explicado por separado las posibles razones por la que los minerales aumentan en la MS durante su digestión en rumen, es probable que sean más de uno los motivos para que esto suceda.

CUADRO 1.1
TASAS DE DESAPARICION DE LA MS Y ALGUNOS
MINERALES DE LA ALFALFA (Medicago sativa)
DESPUES DE SU DIGESTION EN EL RUMEN.

NUTRIMENTO	TASA DE DESAPARICION (1)
	%/h
MATERIA SECA	5.01
CALCIO	6.21
FOSFORO	1.33 **
MAGNESIO	4.54
COBRE	3.93
MANGANESO	4.58
ZINC	2.57 *

(1) Media de 6 observaciones con excepcion del P (5 observaciones).

** Diferente de la MS P < 0.01

* Diferente de la MS P < 0.05

CUADRO 1.2
MATERIA SECA Y ALGUNOS MINERALES DE LA ALFALFA
(Medicago sativa), COMO PORCENTAJE DE
LA CANTIDAD INICIAL.

MATERIA SECA Y MACROMINERALES.

Tiempo de incubación.	MS	Ca	P	Mg	Na	K
		----- % -----				
0	99.8	99.3	99.7	99.9	99.7	99.5
3	98.8	83.3	89.3	90.8	198.0	121.0
6	98.1	82.0	84.5	74.7	200.6	143.9
9	96.1	72.1	92.1	67.2	232.3	154.1
12	91.1	70.8	107.9	58.8	216.8	212.1
18	82.2	58.0	106.5	57.9	168.4	133.9
24	78.6	50.9	93.0	46.5	154.8	130.3
36	71.8	47.0	95.5	42.1	159.8	114.9
48	61.9	39.5	77.1	38.6	135.4	110.5
72	57.0	37.7	64.8	34.5	117.2	105.8
96	56.4	38.5	55.4	35.0	113.6	105.9

MICROMINERALES.

Tiempo de incubación.	Cu	Mn	Zn
	----- % -----		
0	98.4	99.2	99.0
3	99.9	92.3	77.9
6	90.9	76.0	77.7
9	99.0	62.8	74.5
12	94.4	61.5	70.7
18	91.1	47.7	61.2
24	88.9	42.5	60.4
36	83.7	40.7	59.4
48	69.5	37.6	50.8
72	69.6	26.7	44.9
96	71.9	29.7	46.6

CUADRO 1.3
CANTIDAD DE ALGUNOS MINERALES DE LA
ALFALFA (*Medicago sativa*), EN RELACION
A LA MATERIA SECA RESIDUAL.

MACROMINERALES.

Tiempo de incubación.	Ca	P	Mg	Na	K
	----- mg/g -----				
0	12.1	1.8	1.35	3.1	12.0
3	10.1	1.6	1.24	6.2	14.7
6	10.0	1.6	1.03	7.2	17.6
9	9.0	1.7	0.95	7.5	19.2
12	9.3	2.2	0.87	7.4	28.0
18	8.4	2.3	0.95	6.3	19.4
24	7.8	2.2	0.80	6.1	19.8
36	7.8	2.4	0.79	6.9	19.2
48	7.6	2.3	0.85	6.8	21.4
72	7.9	2.1	0.82	6.4	22.4
96	8.2	1.8	0.84	6.2	22.5

MICROMINERALES.

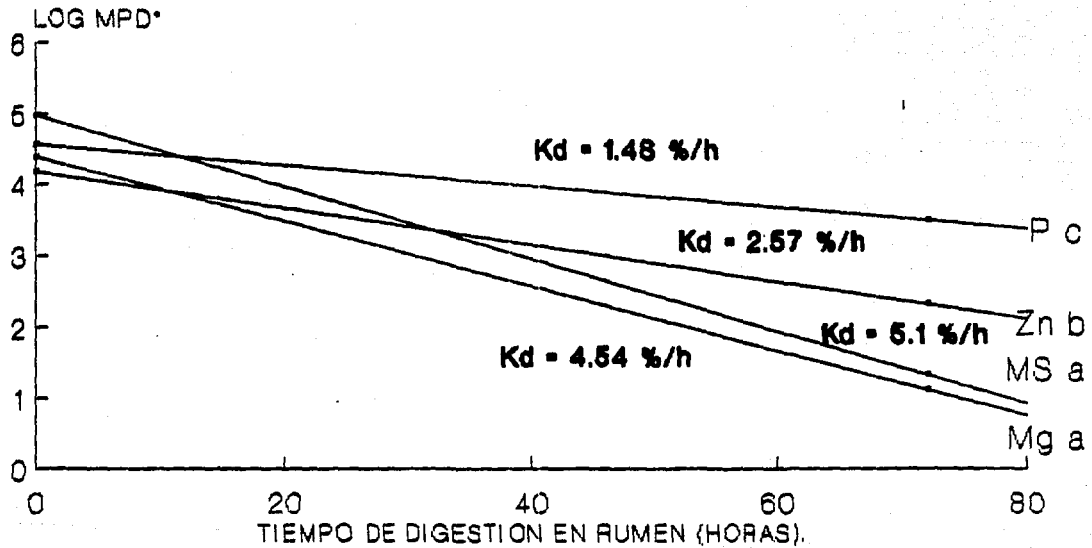
Tiempo de incubación.	Cu	Mn	Zn
	----- ug/g -----		
0	18.5	38.8	35.0
3	18.7	36.4	27.6
6	17.2	30.2	27.7
9	19.1	25.5	27.1
12	19.2	26.5	27.2
18	20.4	22.5	25.9
24	20.9	21.1	26.9
36	21.5	21.8	28.9
48	20.8	23.7	28.8
72	22.5	18.3	27.5
96	23.6	20.6	28.9

CUADRO 1.4
CONTENIDO DE ALGUNOS MINERALES EN EL HENO DE PASTO
Y BACTERIAS RUMINALES DE NOVILLOS ALIMENTADOS CON HENO.

ELEMENTO	HENOS DE PASTO	CONCENTRACION DE BACTERIAS (Base seca)	INCREMENTO SOBRE LA DIETA
		----- %	-----
MACROELEMENTOS (%)			
CALCIO	0.66	0.88	33.3
FOSFORO	0.29	1.90	555.2
MAGNESIO	0.29	0.29	0.0
POTASIO	0.90	2.10	133.3
SODIO	0.54	3.60	567.0
MICROELEMENTOS ug/g			
COBRE	12.0	22.0	83.0
MANGANESO	170.0	230.0	35.0
ZINC	22.0	92.0	318.0

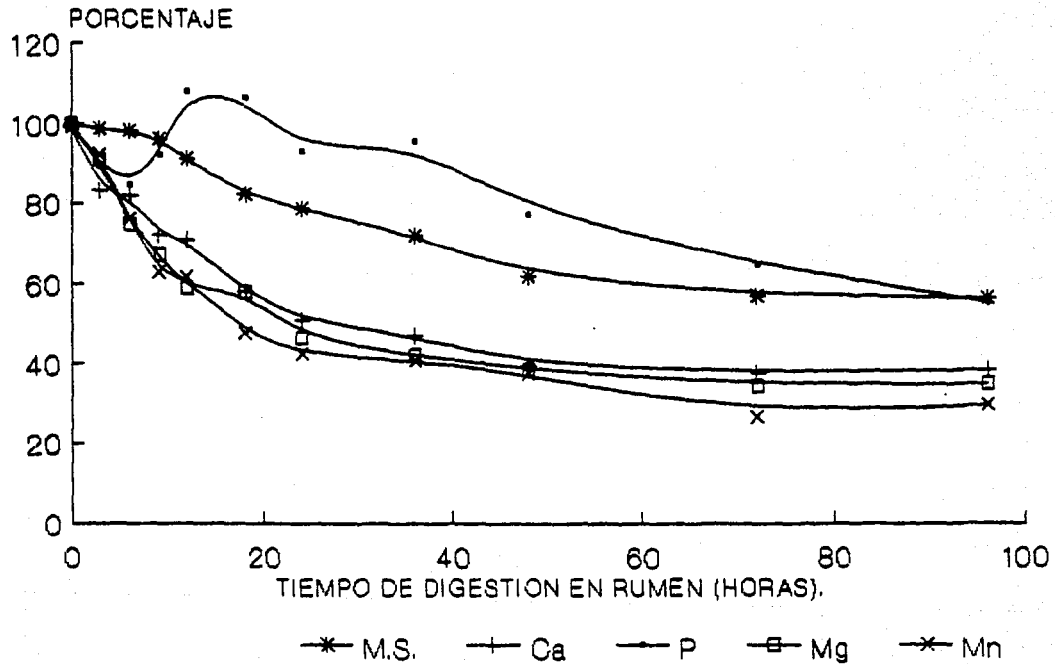
ADAPTADO DE MARTINEZ, 1976.
 (Citado por CHURCH D.C., 1976).

**FIG 1.1 TASA DE DESAPARICION
DE LA MS, P, Mg Y Zn DE LA
ALFALFA.**



a:c= P<0.01 a:b= P<0.05 a:a= P>0.05
* Logaritmo del Material
Potencialmente Digestible.

FIG 1.2 PORCENTAJE DE MS, Ca, P, Mg Y Mn DE LA ALFALFA A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION RUMINAL.



**FIG 1.3 CANTIDAD DE P DE LA ALFALFA
EN RELACION A LA MS RESIDUAL.**

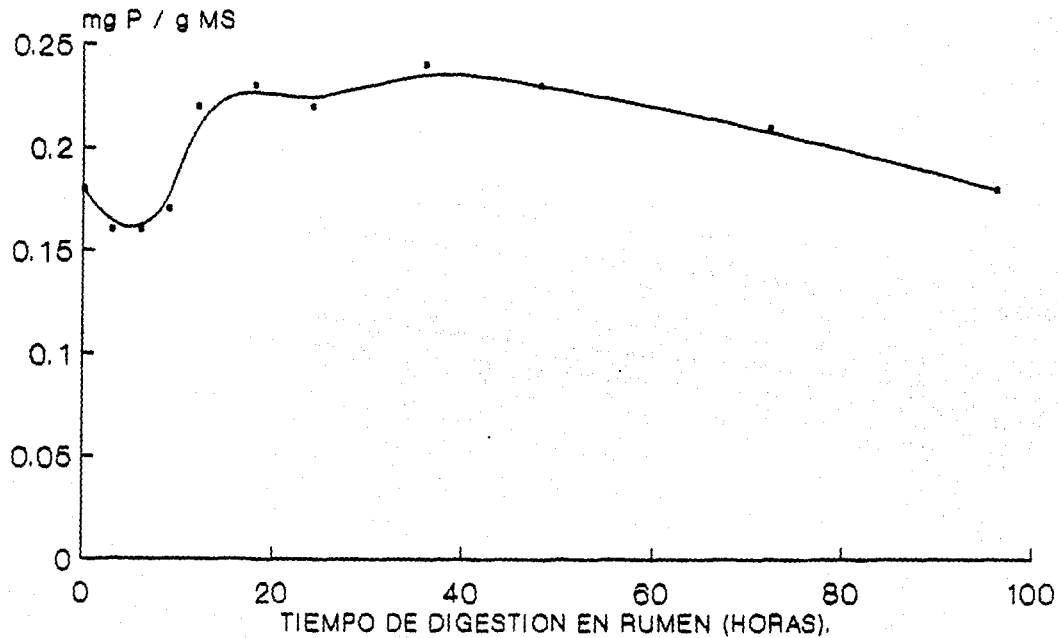
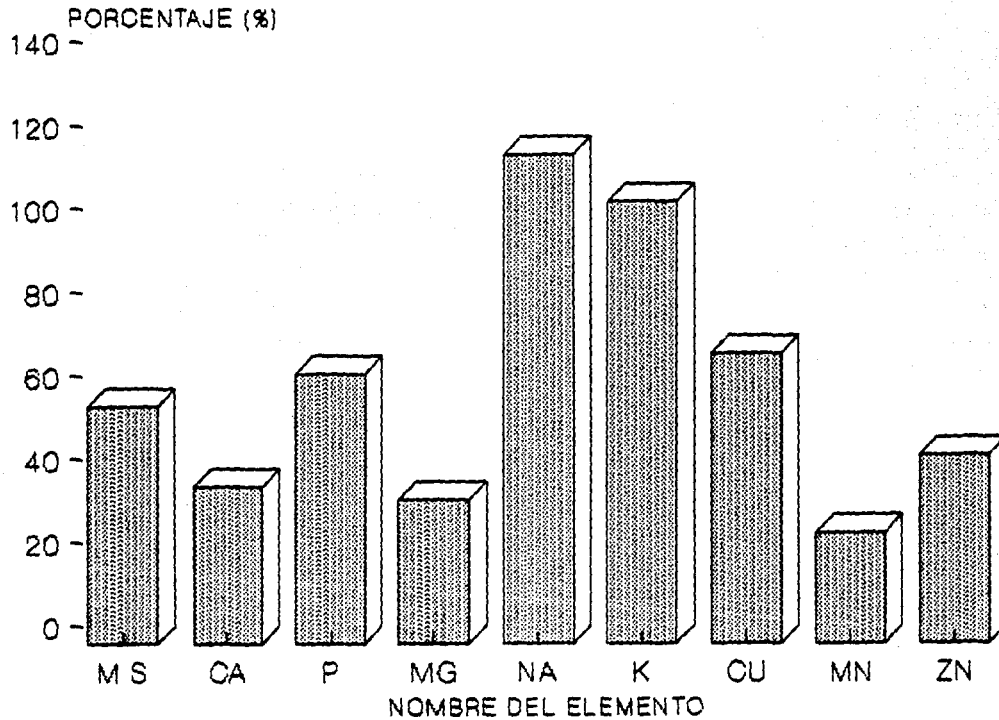


FIG.1.4 PORCENTAJE INDIGESTIBLE DE LA MS Y MINERALES DE LA ALFALFA A LAS 72 H DE DIGESTION RUMINAL.



5.4 Conclusiones.

El presente trabajo llevó a las siguientes conclusiones:

1) La tasa de desaparición del Ca, Mg, Mn y Cu presentes en la muestra de alfafa, fue semejante a la de la MS.

2) El P, Na, K y Cu aparentemente incrementan su concentración en la MS residual durante el tiempo de permanencia en el rúmen.

3) La cantidad del Ca, Mg, Mn y Zn aparentemente disminuyen su concentración en la MS residual en las primeras horas de digestión en rumen.

4) La menor cantidad numérica indigestible para el Ca, Mg, Mn, Cu y Zn se encontró a las 72 h de digestión.

6. EXPERIMENTO No. 2

EFFECTO DEL TIPO DE DIETA SOBRE LA DESAPARICION in situ DE LA MS Y ALGUNOS MINERALES DEL PASTO PANGOLA (Digitaria decumbens) A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION.

6.1 Objetivos:

1) Analizar el efecto del tipo de dieta sobre la tasa de desaparición de la MS y del Ca, P, Mg, K, Cu, Mn y Zn del pasto pangola (Digitaria decumbens) en el rumen, a diferentes tiempos de incubación.

2) Comparar la tasa de desaparición de la materia seca con la de los elementos minerales en estudio empleando dos tipos de dietas basales.

6.2 Material y Metodos:

Localización: El trabajo se realizó en el mismo lugar que el experimento no. 1.

Animales y dietas: En el presente trabajo se utilizaron 6 borregas encastadas de raza merino con un peso promedio de 45 kg., fistuladas en el rumen según la técnica de Hecker y utilizando una cánula flexible tipo Harret (Hecker, 1969; Rivas, Pérez y Vázquez, 1983). Las borregas fueron divididas en dos lotes de tres animales cada uno. Un lote recibió como dieta basal heno de alfalfa (Medicago sativa) y el otro pasto pangola (Digitaria decumbens) henificado. El régimen alimenticio fue ad libitum, con un tiempo de adaptación a las dietas de 10 días. Al finalizar este período experimental, el cual tuvo una duración de 4 días, las dietas se invirtieron en ambos grupos y se efectuó un segundo período experimental, bajo las mismas

condiciones mencionadas.

Bolsas: Se emplearon bolsas similares a las utilizadas en el experimento anterior.

Nuestras: Para este experimento se tomo una muestra de pasto pangola (Digitaria decumbens) la cual fue tratada de la misma manera que en el experimento anterior.

Colocación de la bolsas: Las bolsas se prepararon antes de ser colocadas dentro del rumen de la misma forma como se describió en el experimento no. 1. En este caso a cada borrega se le introdujeron 4 bolsas, una cada 24 h, de tal manera, que al momento en que fueron retiradas las 4 bolsas, la primera bolsa tenfa 96 h de incubación, mientras que la bolsa no. 4, 24 h, teniendo de esta manera 5 tiempos: 0, 24, 48, 72 y 96 h. Una vez retiradas las cuatro bolsas (más la bolsa del tiempo cero), se lavaron al mismo tiempo como ya ha sido descrito.

Análisis químicos: Los elementos minerales (macroelementos: Ca, P, Mg y K y microelementos: Cu, Mn y Zn), fueron determinados en el pasto pangola tanto antes como después de su digestión en el rumen. Para la preparación y análisis de las muestras, se empleó el mismo método descrito en el experimento no. 1.

Replicas: Al igual que en el experimento anterior, se utilizaron tres ovejas por dieta con una sola bolsa por tiempo, es decir, cuatro bolsas por animal, repitiéndose el procedimiento una vez más, de tal manera que se tuvieran seis observaciones por tiempo de incubación para cada una de las dietas.

Variables de respuesta: La variable de respuesta fue la tasa de

digestión (%/h) de la MS y de los minerales del pasto pangola, con cada una de las dietas.

Análisis de resultados: Al igual que en el experimento anterior, con cada serie de muestras a diferentes tiempos de incubación, para cada uno de los animales y para cada dieta, se calculó la tasa de desaparición del material potencialmente digestible de la MS y de los minerales del pasto pangola (Mertens, 1977). Posteriormente se compararon las tasas de desaparición de la MS con la de cada uno de los elementos minerales de la misma dieta y de cada mineral con el mismo de la dieta opuesta, por medio de una prueba de T de Student (Steel and Torrie, 1988).

6.4 Resultados y Discusion.

Al igual que en el experimento anterior, los resultados se muestran en las mismas tres formas:

a) Tasas de desaparición (Kd) de la MS y minerales con ambas dietas (cuadro 2.1).

b) Porcentaje de MS y minerales en relación a la cantidad inicial, con los dos tipos de dieta y para cada uno de los tiempos de digestión (cuadro 2.2).

c) Cantidad de elementos minerales en relación a la MS residual (cuadro 2.3).

Al calcular las tasas de desaparición de la MS y de los minerales del pangola con los dos tipos de dieta, se encontró que la desaparición del Material Potencialmente Digestible (MPD) de la MS, Mg, K, Cu y Mn fue mayor cuando la dieta basal fue alfalfa (cuadro 2.1), con la dieta de pangola se detectó un menor porcentaje indigestible a las 96 h, de MS, Mg, K y Cu (cuadro 2.2). Sin embargo, la desaparición del MPD fue más rápido con la dieta de alfalfa, aún cuando únicamente fue significativo para la MS (4.52 vs 1.71 %/h) y Mn (5.70 vs 2.18 %/h) ($P < 0.05$), (cuadro 2.1) (figs. 2.1 para MS; para otros minerales ver el apéndice).

El efecto de la alfalfa sobre la digestibilidad de la MS y desaparición de algunos de los minerales del pasto pangola (Mg, K, Cu y Mn), puede explicarse por el hecho de que la alfalfa posee una mayor capacidad buffer (al elevar el pH ruminal), comparada con otros pastos (Mertens, 1979, citado por Stroud, et al., 1985; Van Soest, 1982), y el de mejorar la digestibilidad de

la MS (Stroud, et al., 1985).

La dieta de alfalfa aparentemente disminuyó la cantidad de Cu y Mn de la muestra de pasto pangola en forma parecida, los minerales desaparecen durante las primeras 24 h de digestión en rumen (56.0 % para ambos elementos), para después mantenerse constantes hasta las 96 h. (cuadro 2.2). Las tasas de desaparición para estos dos elementos fueron mayores con la dieta de alfalfa, siendo significativo solo para el Mn ($P < 0.05$). Con esa misma dieta en relación a la MS residual, la concentración de Cu y Mn, aparentemente disminuye en las primeras horas de digestión para después mantenerse en forma constante (cuadro 2.3) (fig. 2.4 para el Mn), esto sugiere que la dieta de alfalfa ocasiona que la mayor parte del MPD de estos dos elementos, desaparezca en las primeras horas de permanencia en el rumen.

El efecto de la presencia de alfalfa sobre la desaparición del Mn del pangola, también puede explicarse por una diferencia en los gradientes de concentración en el rumen. La baja cantidad de Mn presente en la alfalfa, en relación a la que contiene el pasto pangola (cuadro 2.4), pudo ocasionar una menor cantidad de este elemento en el fluido ruminal, de tal manera que por diferencia en los gradientes de concentración, se facilitó la desaparición o solubilización del manganeso en el rumen a partir de la muestra de pasto pangola. Para el caso del Cu no podría explicarse por este fenómeno, ya que la cantidad de Cu en la alfalfa es mayor que en el pangola (cuadro 2.4).

Para la MS y algunos minerales del pasto pangola se encontró el menor porcentaje indigestible a las 96 h con la dieta de pangola, con excepción del Mn el cual fue a las 72 h con

la dieta de alfalfa (26.8 %) (cuadro 2.2). Aparentemente fue la dieta a base de pangola la que ejerció cierto efecto en la desaparición de algunos minerales (Ca, Mg, K y Zn), ya que numéricamente se encontró un menor porcentaje indigestible principalmente en el último tiempo de incubación (34.7, 29.5, 16.8 y 21.6 % respectivamente); para el Zn fue más marcado que para otros minerales (fig.2.3). Este efecto podría explicarse, en que posiblemente con la dieta de alfalfa se presentó una mayor fijación del elemento o de bacterias en la muestra de pasto pangola en los últimos tiempos de incubación, como aparentemente se muestran en el cuadro 2.3, en donde, los niveles de este mineral aumentan en la MS residual del pangola. Sin embargo, la tasa de desaparición del Zn con ambas dietas fue semejante ($P > 0.05$) (cuadro 2.1). Esto indica, que aún cuando la desaparición de Zn aparentemente fue mayor con la dieta de pangola, la forma de desaparición del MPD no fue afectada por el tipo de dieta.

La desaparición del Ca aparentemente mejoró con la dieta de pangola (cuadro 2.2), con la de alfalfa inclusive, la cantidad de Ca se elevó numéricamente en relación a la MS residual (cuadro 2.3). Sin embargo, la tasa de desaparición de este elemento con ambas dietas fue semejante (1.33 %/h para alfalfa y 2.03 %/h para la dieta de pangola) ($P > 0.05$) (cuadro 2.1). La alfalfa contiene una mayor cantidad de Ca que el pangola (cuadro 2.4), lo cual podría ocasionar que este elemento aumente en el líquido ruminal, de tal manera que por diferencia en los gradientes de concentración, la solubilidad del Ca a partir de la muestra del pangola disminuya. Esta explicación no podría ser válida para el

Zn, ya que la cantidad de este elemento en ambos forrajes, alfalfa y pangola es muy semejante (cuadro 2.4); por lo que se podría pensar que otros factores están influyendo, como puede ser la fijación de bacterias en la fibra como ya se mencionó con anterioridad.

La desaparición del MPD del Mg (Kd) (3.29 y 1.97 %/h para la alfalfa y pangola respectivamente) no difiere del de la MS (4.52 y 1.71 %/h para la alfalfa y pangola respectivamente) en ambas dietas ($P > 0.05$) (cuadro 2.1). La concentración de Mg en la muestra de pasto pangola en relación a la cantidad inicial, aparentemente disminuye en las primeras horas para después mantenerse constante, numéricamente es menor con la dieta de pangola (29.5 vs 63.9 % a las 96 h de digestión) (cuadro 2.2). Considerando lo reportado por Martínez (1976; citado por Church, 1976) el Mg es el elemento que en menor cantidad se encuentra en las bacterias del rumen (cuadro 1.4), se podría considerar que el Mg desaparece en forma paralela a la MS sin tener el efecto de los microorganismos. Con la dieta de pangola en relación a la MS residual el Mg desaparece en las primeras horas para después mantenerse constante (cuadro 2.3), sugiriendo que el Mg pudiera encontrarse en las partes más digestibles de la MS; esto se podría corroborar determinando los niveles de este elemento en las fracciones de fibra del pangola.

El K, a diferencia de lo encontrado en el primer experimento, se comporta en forma muy similar a otros elementos, como el Mg, Cu o Mn. Es decir, su tasa de desaparición con ambas dietas no difiere con la de la MS ($P > 0.05$), así como tampoco entre dietas (3.85 vs 2.23 %/h para alfalfa y pangola

respectivamente) ($P > 0.05$) (cuadro 2.1). Este hallazgo sugiere que la alfalfa puede tener receptores o afinidad por este elemento a diferencia del pasto pangola. Esta afinidad de la alfalfa por el K, puede deberse a que la alfalfa posiblemente posee una mayor cantidad de aniones ionizables que el pasto pangola y por lo tanto una mayor Capacidad de Intercambio Catiónico.

Al comparar las tasas de desaparición de la MS con la de todos los minerales, con la dieta de alfalfa y pangola, se encontró que únicamente difiere con la del P ($P < 0.05$ con la dieta de alfalfa y $P < 0.004$ con la del pangola).

La tasa de desaparición del P al proporcionar alfalfa o pangola es cercana a cero (0.12 y 0.39 %/h con alfalfa y pangola respectivamente) (fig.2.2), lo cual coincide a lo encontrado en el primer experimento. Este elemento fue uno de los que aumentó su concentración en la MS de la alfalfa durante su digestión en rumen, su tasa de desaparición también fue muy cercana a cero. Lo que indica, que al igual que en el caso de la alfalfa en el experimento no. 1, este elemento tiende a fijarse a la MS o bien que los microorganismos ruminales lo aportan ocasionando que las cantidades sean mayores al aumentar el tiempo de permanencia en el rumen.

CUADRO 2.1
EFFECTO DEL TIPO DE DIETA SOBRE LA TASA DE DESAPARICION
DE LA MS Y ALGUNOS MINERALES DEL PASTO PANGOLA
(*Digitaria decumbens*) DESPUES DE SU DIGESTION EN EL RUMEN.

NUTRIMENTO	TIPO DE DIETA BASAL	
	ALFALFA	PANGOLA
	----- %/h -----	
MAT. SECA	4.52 a	1.71 b
CALCIO	1.33	2.03
FOSFORO	0.12 (1)	0.39 (2)
MAGNESIO	3.29	1.97
POTASIO	3.85	2.23
COBRE	4.61	2.57
MANGANESO	5.70 a	2.18 b
ZINC	1.56	1.51

a,b Diferencias significativas. $P < 0.05$

(1) Diferente con la MS de la misma dieta: $P < 0.05$

(2) Diferente con la MS de la misma dieta: $P < 0.004$

CUADRO 2.2
EFFECTO DEL TIPO DE DIETA SOBRE LA CONCENTRACION DE MS
Y ALGUNOS MINERALES DEL PASTO PANGOLA (*Digitaria decumbens*)
COMO PORCENTAJE DE LA CANTIDAD INICIAL.

NUTRIMENTO/ DIETA	TIEMPO DE DIGESTION EN RUMEN (Horas)				
	0	24	48	72	96
MS					
ALFALFA	99.59	75.89	63.82	60.09	57.49
PANGOLA	99.65	80.59	67.05	59.09	39.36
Ca					
ALFALFA	99.77	97.05	76.37	61.41	66.64
PANGOLA	99.55	77.33	53.12	49.76	34.67
P					
ALFALFA	99.34	99.73	76.69	90.80	73.39
PANGOLA	98.71	94.28	103.24	128.19	99.27
Mg					
ALFALFA	99.59	65.58	58.47	53.62	63.86
PANGOLA	99.20	64.11	56.13	46.26	29.53
K					
ALFALFA	99.59	63.12	47.94	44.03	49.29
PANGOLA	99.18	73.19	52.47	31.30	16.82
Cu					
ALFALFA	99.21	44.14	48.62	46.76	42.30
PANGOLA	99.62	79.13	72.32	57.96	38.14
Mn					
ALFALFA	99.75	44.61	27.72	26.17	33.70
PANGOLA	99.41	66.88	72.50	61.30	38.64
Zn					
ALFALFA	99.85	95.93	79.50	77.66	85.26
PANGOLA	98.63	94.32	83.96	50.65	21.57

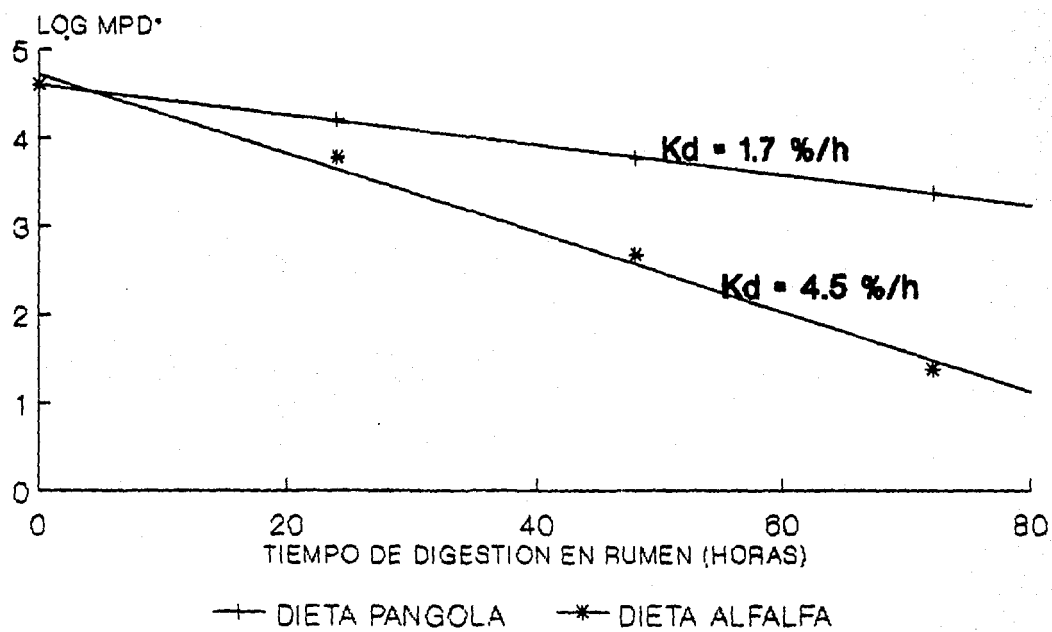
CUADRO 2.3
EFFECTO DEL TIPO DE DIETA SOBRE LA CANTIDAD DE ALGUNOS
MINERALES DEL PASTO PANGOLA (*Digitaria decumbens*)
EN RELACION A LA MATERIA SECA RESIDUAL.

MINERAL/ DIETA	TIEMPO DE DIGESTION EN RUMEN (Horas)				
	0	24	48	72	96
Ca (mg/g)					
ALFALFA	4.71	6.00	5.62	4.82	5.39
PANGOLA	4.69	4.51	3.71	3.96	4.37
P (mg/g)					
ALFALFA	2.09	2.75	2.52	3.16	2.69
PANGOLA	2.08	2.46	3.24	4.54	5.39
Mg (mg/g)					
ALFALFA	2.70	2.33	2.47	2.42	2.99
PANGOLA	2.69	2.15	2.27	2.12	2.08
K (mg/g)					
ALFALFA	14.10	11.70	10.58	10.33	11.97
PANGOLA	14.03	12.73	11.13	7.53	6.47
Cu (ug /g)					
ALFALFA	8.71	5.08	6.67	6.75	6.42
PANGOLA	8.74	8.58	9.42	8.58	8.58
Mn (ug/g)					
ALFALFA	81.30	47.75	35.25	35.25	47.75
PANGOLA	81.00	67.42	87.75	84.00	83.92
Zn (ug/g)					
ALFALFA	39.10	49.67	48.67	50.17	58.08
PANGOLA	38.60	45.50	49.00	33.83	22.17

CUADRO 2.4
CONCENTRACION DE ALGUNOS MINERALES DE LA ALFALFA
(*Medicago sativa*) Y DEL PANGOLA (*Digitaria decumbens*)
EMPLEADOS EN ESTE EXPERIMENTO.

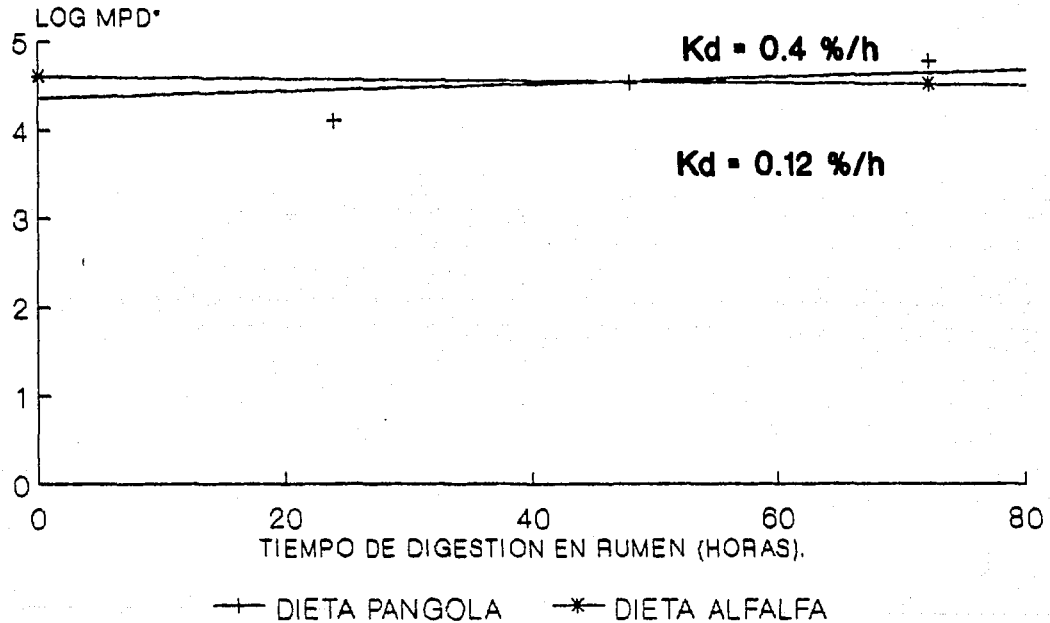
NUTRIMENTO	ALFALFA	PANGOLA
	mg/g	mg/g
CALCIO	12.0	4.7
FOSFORO	1.8	2.1
MAGNESIO	1.3	2.7
POTASIO	12.0	14.1
SODIO	3.1	---
	ug/g	ug/g
COBRE	18.5	8.7
MANGANESO	39.0	81.2
ZINC	35.0	39.0

**FIG 2.1 EFECTO DEL TIPO DE DIETA
SOBRE LA TASA DE DESAPARICION DE
LA MS DEL PASTO PANGOLA.**



P < 0.05
 * Logaritmo del Material
 Potencialmente Digestible.

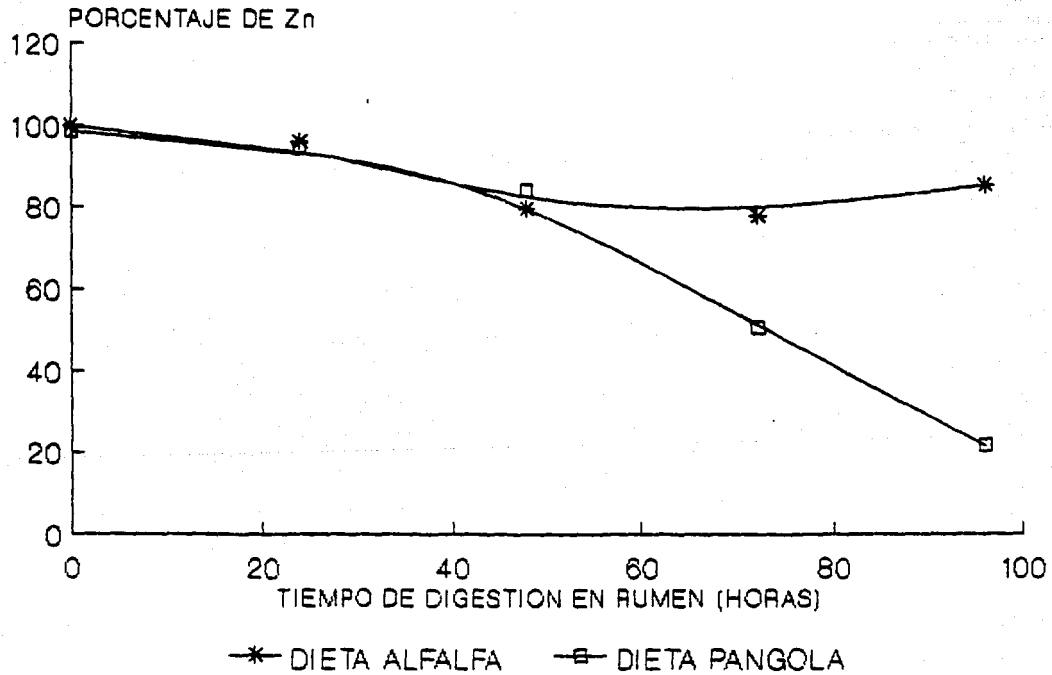
**FIG 2.2 EFECTO DEL TIPO DE DIETA
SOBRE LA TASA DE DESAPARICION
DEL P DEL PASTO PANGOLA.**



P > 0.05

* Logaritmo del Material
Potencialmente Digestible.

FIG.2.3 EFECTO DEL TIPO DE DIETA SOBRE EL PORCENTAJE DE ZN EN PASTO PANGOLA A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION.



6.5 Conclusiones.

1) La alfalfa favoreció la desaparición del MPD de la MS y Mn, sin embargo hubo otros elementos como el Mg, K y Cu en los que no se tuvo un efecto significativo, pero su tasa de desaparición fue mayor numéricamente con la dieta de alfalfa.

2) Con la dieta de pangola se obtuvo numéricamente un menor porcentaje indigestible de la MS, Ca, Mg, K, Cu y Zn de la muestra de pasto pangola.

3) La desaparición del MPD de los minerales (kd), con excepción del P fue semejante con el de la MS con ambos tipos de dietas.

7. DISCUSION GENERAL.

Una de las formas de poder evaluar los alimentos destinados a la alimentación de los rumiantes, es por medio de la técnica de la bolsa de nylon, la cual ha sido probada con éxito para el caso de la materia seca y del nitrógeno contenido en los alimentos.

El objetivo del presente trabajo fue el de evaluar la técnica mencionada, para medir la desaparición o solubilidad de los minerales contenidos en los forrajes a nivel ruminal.

Los resultados obtenidos indican que hay factores que afectan que la medición de la desaparición o solubilidad de los minerales sea correcta, ya que se encuentran resultados contradictorios como lo es para el caso del P y el K, en los dos experimentos que forman este trabajo, y en los publicados por Playne et al., (1972-78).

Para el P por ejemplo, la solubilidad encontrada por Playne, McLeod y Dekker (1972) fue mayor en las semillas y tallos de Stylosanthes humilis (99.0 % desapareció de las semillas y 65.0 % de los tallos). Más tarde Playne, Echevarria y Megarrity (1978), encontraron que el P de la alfalfa se solubilizó en un 80.0 % a las 72 h. Sin embargo, en ese mismo experimento, los mismos autores encontraron que el P de Stylosanthes humilis y de Chloris barbata desapareció un 30.0 y 45.0 % respectivamente a las 72 h de digestión en rumen.

En los experimentos de este trabajo, se encontró que la cantidad de P en la muestra aumenta conforme transcurre la digestión en rumen, únicamente para el caso de la alfalfa (experimento no. 1) el porcentaje de P encontrado en la muestra

alas 96 h de incubación es semejante numéricamente al encontrado en la MS, sin embargo, la tasa de desaparición del P fue diferente a la de la MS.

Con el K, Playne, Echevarria y Megarrity (1978) encuentran que este elemento se solubiliza en las primeras 24 horas de digestión a partir de la muestra de 4 forrajes (Medicago sativa, Stylosanthes humilis, Chloris barbata y Heteropogon contortus), concordando estos resultados con los encontrados en el experimento no. 2 del presente trabajo, en que, el K desaparece en la misma forma que la MS de una muestra de pasto pangola (Kd: MS= 4.52 vs K= 3.85 con la dieta de alfalfa; con la dieta de pangola Kd: MS= 1.71 vs K= 2.23; $P > 0.05$). Sin embargo, en el experimento no.1 la concentración de K encontrado en la MS residual de la alfalfa fue en aumento de las 3 a las 96 h de digestión.

Para otros minerales como el Ca, Mg, Mn y Cu, su tasa de desaparición fue semejante a la de la MS, estos resultados fueron semejantes para los dos experimentos que forman este trabajo, así como para el Ca y el Mg de los publicados por Playne, et al., (1972-78). Por lo que estos elementos (Ca y Mg) pueden ser factibles de ser evaluados por medio de la técnica de la bolsa de nylon.

De los factores que influyen en una adecuada medición de la desaparición de minerales a partir del forraje, durante la digestión en rumen, se pueden citar los siguientes: la especie forrajera y el estado fenológico del pasto como factores inherentes al forraje; la población microbiana como factor relacionado con el rumen; como factores relacionados al proceso

de la digestión, tendríamos la capacidad de intercambio catiónico y el tiempo medio de retención. Por lo que es necesario tomarlos en consideración cuando se realice este tipo de estudios.

La especie forrajera es un factor que puede influir en la solubilidad o desaparición de los minerales en rumen; los hallazgos de Playne, Echevarria y Megarrity (1978) lo confirman, ellos encontraron que la solubilidad en rumen de 6 minerales (Ca, P, Mg, K, Na y S) fue mayor para la alfafa (Medicago sativa) (leguminosa), mientras que para el speargrass (Heteropogon contortus) (graminea) fue menor para cuatro de los minerales (Ca, P, Na y S).

El efecto del estado fenológico es importante, ya que, a mayor madurez mayor lignificación de la planta, diferente concentración de minerales y probablemente menor disponibilidad de los mismos. Perdomo Shirley y Chicco (1977) trabajando con 4 gramíneas (Digitaria decumbens, Panicum maximum, Cynodon plectostachium y Brachiaria decumbens), encontraron que la concentración del K, Na, Cu y Zn disminuyen con la madurez de la planta. La digestibilidad aparente y retención del Ca, P, Na y Cu por la oveja, disminuye con la madurez del forraje, mientras que la del Mg y Fe es mayor.

La presencia de bacterias del rumen que se adhieren fuertemente a la fibra no digerida durante el proceso de fermentación ruminal, pueden aumentar la cantidad de minerales en la MS residual. Si durante el lavado de las bolsitas conteniendo la muestra del forraje, las bacterias no pueden ser removidas, la contribución de minerales a partir de estas puede llegar a ser significativo y por lo tanto sobrestimar el valor de elementos

minerales contenidos en la MS.

Para eliminar el error y calcular las concentraciones microbianas, podrá emplearse el ácido diamino pimélico para las bacterias y ácido amino metil fosfórico para los protozoarios (Czerkawski, 1974,76; citado por Czerkawski,1986).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) esta muy relacionado con la fijación de bacterias a la fibra. Los grupos ionizados presentes tanto en la fibra como en las bacterias son predominantemente aniónicos, por lo que la unión de bacterias a la fibra es mediado por cationes divalentes (McBurney, 1981; citado por Allen, 1986). La lignina y los taninos al tener una alta CIC permiten aún mas la unión de cationes y por lo tanto la fijación de bacterias a la fibra.

Por lo tanto, la madurez de la planta es de los factores importantes a considerar al realizar estudios de solubilidad de minerales en rumen, ya que la lignificación de la planta que se presenta al madurar el forraje, da lugar a que se fije un mayor número de bacterias y por lo tanto se incremente la materia mineral en la MS residual.

En los experimentos de este estudio se consideró un tiempo máximo de incubación de 96 h, con el fin de encontrar el menor porcentaje indigestible, el cual podría considerarse como aquel que se tendría si el alimento permaneciera ese tiempo en el rumen o bien en el tubo digestivo. Sin embargo, habría que tomar en cuenta el tiempo que el alimento permanece realmente en esos órganos, para conocer el porcentaje de elemento mineral solubilizado o desaparecido a un tiempo real de digestión

ruminal. Para ello se necesita conocer el tiempo medio de retención del alimento. Robles, Belyea y Martz (1981) por ejemplo, encontraron un tiempo medio de retención de 30 h, de una mezcla de hojas y tallos de alfalfa, por lo tanto, se considera necesario tomar en cuenta el tiempo que el forraje permanece en el rumen para este tipo de estudios.

8. CONCLUSIONES GENERALES.

Para la alfalfa, así como para el pasto pangola los elementos minerales que desaparecieron en forma semejante con la MS son: Ca, Mg, Cu y Mn. El K para el caso del pangola.

La alfalfa favoreció la digestibilidad de la MS del pasto pangola incrementando la desaparición del Material Potencialmente Digestible y con ello de algunos minerales.

Al encontrar que la tasa de desaparición del P es cercana a cero, revela que no es posible considerar un material potencialmente digestible que indique que hay cierta disponibilidad de este elemento para el rumiante, por lo que esta técnica para este mineral (así como para el Na y K en el caso de la alfalfa) no es factible de utilizar.

Por lo tanto la técnica de la bolsa de nylon no puede ser empleada para evaluar la desaparición o disponibilidad de algunos minerales en rumen.

9. RECOMENDACIONES.

Se requiere medir otro tipo de parámetros para complementar la validación de esta técnica en estudios sobre minerales, como puede ser: Tiempo medio de retención, análisis de minerales en las fracciones de fibra del pasto a evaluar, así como cantidad y tipo de minerales de los microorganismos del rúmen con una dieta determinada.

Además, es necesario considerar el efecto de los elementos minerales aportados por la saliva, así como las reacciones químicas que llegan a presentarse en el medio ruminal y que pueden llegar a afectar el contenido de minerales en el forraje que está siendo sometido a digestión en rumen.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

10. LITERATURA CITADA.

Allen, M. E. 1986. Methodologies for studying the dynamics of rumen function. Thesis Doctor of Philosophy. Cornell University. N.Y. U.S.A.

Anderson, R., Cheng, E. and Burroughs. 1956. A laboratory technique for measuring phosphorus availability of feed supplements fed to ruminants. J. Anim. Sci. 15:589.

Balch, C.C. and Johnson, V.W. 1950. Factors affecting the utilization of food by dairy cows. 2. Factors influencing the rate of breakdown of cellulose (cotton thread) in the rumen of the cow. British J. of Nutrition 4: 389.

Burroughs, W., Latoria, A., Depaul P., Gerlagh P. and Bethke R.M. 1951. Mineral influences upon urea utilization and cellulose digestion by rumen microorganisms using the artificial rumen technique. J. Anim. Sci. 10:693.

Chávez A. Eugenia P. 1988. Estudio in vitro de la dinamica de fijación del fósforo en solución sobre la alfalfa (Medicago sativa) no digerida y digerida en rúmen. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot., UNAM. México, D.F.

Chicco L.F., Ammerman C.B., Moore J.E., Van Walleghen P.A., Arrington L.R. and Shirley P.L. 1965. Utilization of inorganic orthometa- and pyrophosphates by lambs and by cellulolytic rumen microorganisms in vitro. J. Anim. Sci. 24:355.

Church, D.C. 1976. Vitamins and Minerals in rumen

fermentation. Chaper 15. En Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Vol.1. Digestive Physiology. 2a. Ed. Church. Oregon. U.S.A. p. 270.

Czerkawski, J.W. 1986. Compartmentation in the rumen. Chaper 5. En: An Introduction to rumen studies. First Edition. Pergamon press. U.S.A. p.65.

Edwards, H.M. Jr. and Gillis M.B. 1959. Achromic oxide balance method for determining phosphate availability. Pult. Sci. 38:569.

Erwin, E.S. and Ellison W.G. 1959. Rapid method of determining digestibility of concentrates and roughage in cattle. J. Anim. Sci. 18: 1518 (Abstract).

Evans, G.W. and Johnson P.E. 1977. Determination of zinc availability in foods by extrinsic tag technique. Anim. J. Clin. Nutr. 30:873.

Forbes, M.R. and Erdman J.W., Jr. 1983. Bioavailability of trace mineral elements. Ann. Rev. Nutr. 3:213.

García, B.C. 1980. Estudio sobre las deficiencias nutricionales de los macroelementos: Calcio, Fósforo y Magnesio existentes entre estos minerales en pelo de capa, pelo de cola y suero. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. U.N.A.M. México, D.F.

Givens, I.D. and Hopkins R.J. 1978. The availability of cooper to grazing ruminants in parts of North Yorkshire. J.

Agric. Sci. Camb. 91:15.

Hecker, J.F. 1969. A simple method for inserting rumen cannulae in sheep. J. Aust. Vet. 45: 293.

Hurwitz, S. 1964. Estimation of net phosphorus utilization by the slope method. J. Nutr. 84:83.

Ivan, M. and Veira D.M. 1981. Effects of dietary protein on the solubilities of manganese, copper, zinc and iron in the rumen and abomasum of sheep. Can. J. Anim. Sci. 61:955.

Janghorbani, M., Cristensen M.J., Steinke F.H. and Young V.R. 1981. Feasibility of poultry meat with stable isotope of selenium (Se) for use in human metabolic studies. J. Nutr. 111:817.

Jordan, H., Elias A., Jerez I., Caballero A. y Pérez I. 1984. Estudio de la dinámica de la desaparición de la MS y PB de diferentes pastos mediante la técnica de la bolsa in situ en rúmen. Rev. Cubana Cienc. Agric. 18: 165.

Juárez, S.M.E., Vera G.E., Perez D.M., Cortéz CH. C. y Castillo F. 1985. Manual de procedimientos para el análisis de minerales en forrajes. Laboratorio de minerales. INIP-SARH, México, D.F.

Kempton, T.J. 1980. El uso de bolsas de nylon para caracterizar el potencial de degradabilidad de alimentos por el rumiante. Prod. Anim. Tropical. 5:115.

Kincaid, R.L. and Cronrath J.D. 1983. Amounts and distribution of minerals in Washington forages. J. Dairy Sci. 66:821.

Knig, J.C., Reynold, W.L. and Margen S. 1978. Absorption of stable isotopes of iron, copper and zinc during oral contraceptive use. Am. J. Clin. Nutr. 31:1198.

Lamand M., Amboulov D. and Rayssiguier Y. 1977. Effect of quality of forage on availability of trace elements and some major elements. Ann. Rech. Vet. 8:303.

Lofgreen, G.P. 1960. The availability of phosphorus in calcium phosphate, bone meal, soft phosphate and calcium phytate manure wethers. J. Nutr. 70:58.

Márquez, P., Lizarraga G., Aguayo A. y Garza R. 1977. Evaluación del rendimiento y digestibilidad del zacate ferrer en diferentes estados de madurez en Carabó, Sonora. INIP-SARH. Tec. Pec. Méx. 32:9.

Mc. Dowell, L.R., Conrad J.H., Ellis G.L. and Loosli J.K. 1984. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Departamento de Ciencia Animal. Centro de Agricultura Tropical. Universidad de Florida. Gainesville. U.S.A.

Mehrez, A.Z. and Orskov E.R. 1977. Study of Artificial fibre bag technique for determinating the digestibility of feeds in the rumen. J. Agric. Sci. Camb. 88:645.

Mertens, D.R. 1977. Dietary fiber componenets: relationship

to the rate and extent of ruminal digestion. Federation Proc. 36:187.

Neathery, M.W. 1969. Dry matter disappearance of roughages in nylon bags suspended in the rumen. J. Dairy Sci. 52:74.

Nieto, O.R. 1983. Performance and nutrient balance of dairy heifers fed a purified, semipurified or standard diet. Thesis. Master of Sci. University of Missouri. Columbia. U.S.A.

Orskov, E.R. and Mc Donald I. 1970. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. Camb. 92:499.

Orskov, E.R., Hovell F.D. DeB and Mould F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Tropic. Anim. Prod. 5:195.

Perdomo, J.T., Sherley R.L. and Chicco C.F. 1977. Availability of nutrient minerals in four tropical forages fed freshly chopped to sheep. J. Anim. Sci. 45:1114.

Playne, J.M., Echevarria M.G. and Megarrity R.G. 1978. Release of nitrogen, sulphur, phosphorus, calcium, magnesium, potassium and sodium from four tropical hays during their digestion in nylon bags in the rumen. J. Sci. Fd. Agric. 29:520.

Playne, J.M., Mcleod M.N. and Dekker R.F.H. 1972. Digestion of the dry matter, nitrogen, phosphorus, sulphur, calcium and detergent-fibre fractions of the seed and pod of Stylosanthes

humilis contained in terylene bags in the bovine rumen. J. Sci. Fd. Agric. 23:925.

Ribeiro, M.C. 1978. Mineralizacao correta, uma ciencia e uma arte. Anuario Brasileiro de Medicina Veterinaria.

Rivas, G.A., Pérez D.M. y Vazquez P.C. 1983. Efecto de la dieta y del tiempo de incubación sobre la digestibilidad in situ del pasto estrella de africa. Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México. S.A.R.H. Méx. D.F. 737.

Rodríguez, H. 1968a. Digestibilidad con la bolsa in vivo: la posición relativa de la bolsa dentro del rúmen. Rev. Cub. Agric. 2:285.

Rodríguez, H. 1968b. The in vivo technique indigestibility studies. Rev. Cub. Agric. 2:78.

Robles, A.Y., Belyea R.L. and Martz F.A. 1981. Intake, digestibility, ruminal characteristics and rate of passage of alfalfa diets fed to sheep. J. Anim. Sci. 53: 774

Russoff, L.L. 1981. Mineral deficiencies and toxicities in dairy cattle. Feedstuffs. June 15:29.

Schricker, B.R., Miller D.D., Rasmussen R.R. and Van Campen D. 1981. A comparison of in vivo and in vitro methods for determining availability of iron from meals. Am. J. Clin. Nutr. 34:2257.

Stake, E.P. 1977. Trace element absorption factors in animals. Feedstuffs. 44 (52): 22, 23 y 26.

Steel, R.J.D. and Torrie J.H. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. 1a. Ed. (español). Mc Graw Hill. México.

Stroud, T.E., Williams J.E., Ledoux D.R. and Paterson J.A. 1985. The influence of sodium bicarbonate and dehydrated alfalfa as buffers on steer performance and ruminal characteristics. J. Anim. Sci. 60 : 551.

Tagari, H., Silanikore, N. and Hurwitz, S. 1981. Availability of Phosphorus contained in poultry litter for lambs. J. Nutr. 111:405.

Thorton, I. 1983. Soil-plant-animal interactions in relation to the incidence of trace element disorders in grazing livestock. Br. Sci. Anim. Prod. 7:39.

Tillman, A.D. and Brethour J.R. 1958. Utilization of phytin phosphorus by sheep. J. Anim. Sci. 17:104.

Tomlin, D.C., Anderson M.J. and Harris L.F. 1974. Refinements in the in vivo bag rumen technique. J. Anim. Sci. 26:622 (abstract).

Turnland, J., Michel M. 1981. Determination of copper bioavailability in human subjects using the stable isotope Cu. Fed. Proc. 40:951. (abstract).

Uden, P., Parra R. and Van Soest P.J. 1974. Factor influencing reability of the nylon bag technique. J. Dairy Sci.

Van Hellen, R.W. and Ellis W.C. 1977. Sample container porosities for rumen in situ studies. J. Anim. Sci. 44:141.

Van Keuren, R.W. and Heinemann W.W. 1962. Study of a nylon technique for in vivo stimulation of forage digestibility. J. Anim.Sci. 21:340.

Van Soest, P.J. 1982. Nutrition Ecology of the ruminant. O. and S. Books Inc., Corvallis, OR. p. 278.

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

Witt, K.E. and Owens F.N. 1983. Phosphorus: ruminal availability and effects on digestion. J. Anim. Sci. 56:930.

11. APENDICE.

CUADRO A.1

PORCENTAJES DE MS DE LA ALFALFA NO DIGERIDA
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.89	99.90	99.86	99.80	99.78	99.40
3	99.43	99.22	99.08	99.18	98.69	98.50
6	98.33	97.90	98.47	98.71	97.40	97.87
9	97.11	97.52	93.87	95.92	97.31	94.88
12	92.94	88.54	91.91	92.80	90.86	89.40
18	89.19	77.14	83.43	81.90	81.84	79.82
24	73.50	86.04	75.51	81.00	79.57	76.02
36	72.37	75.84	63.63	69.33	73.48	76.28
48	59.34	68.02	58.13	61.30	61.33	63.06
72	58.18	51.07	59.85	59.59	55.93	57.33
96	57.75	55.59	59.45	57.19	55.74	52.52

CUADRO A.2**PORCENTAJES DE CA DE LA ALFALFA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.**

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.87	99.91	99.02	99.79	98.98	98.56
3	68.11	71.07	81.74	98.17	90.49	90.30
6	68.80	73.35	71.40	93.77	93.35	91.33
9	76.88	54.43	64.89	80.74	85.95	69.59
12	55.76	61.22	69.70	79.55	84.07	74.48
18	52.76	36.61	61.20	68.42	66.14	63.17
24	50.84	53.07	33.35	58.01	56.38	53.84
36	34.96	52.46	30.74	51.39	52.63	59.74
48	44.51	37.97	31.47	36.77	43.95	42.57
72	43.60	25.09	29.89	45.70	41.46	40.59
96	36.58	23.16	41.58	45.74	41.32	42.44

CUADRO A.3

**PORCENTAJES DE MG DE LA ALFALFA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.**

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	100.0	103.51	100.0	100.0	100.0	96.01
3	87.94	83.95	91.45	98.17	91.66	91.47
6	56.73	79.00	60.57	91.66	83.48	76.91
9	56.02	56.24	64.98	82.21	69.51	74.56
12	53.61	34.04	63.64	59.66	71.40	70.26
18	61.73	47.46	51.31	65.83	58.48	62.71
24	45.22	46.37	46.47	52.05	51.13	38.00
36	27.80	52.49	31.81	44.56	47.23	49.04
48	41.07	41.86	24.91	48.14	35.04	40.54
72	38.03	25.51	36.81	34.03	35.93	36.83
96	37.75	21.38	38.85	36.76	35.83	39.37

CUADRO A.4

PORCENTAJES DE FOSFORO DE LA ALFALFA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	100.0	99.4	99.72	99.72	99.44	99.72
3	135.36	94.39	81.94	81.53	70.00	72.12
6	116.70	71.63	97.56	92.23	71.32	57.74
9	176.54	94.86	105.15	63.42	48.39	64.30
12	98.54	202.70	85.33	91.26	73.48	96.24
18	155.96	119.70	89.36	104.86	97.48	71.96
24	65.07	110.95	166.71	77.90	78.26	59.40
36	166.10	94.92	78.47	69.34	91.95	72.05
48	59.65	79.90	130.85	79.05	62.34	51.00
72	55.95	112.46	75.54	45.58	54.42	45.11
96	50.88	67.45	65.92	62.51	51.15	34.44

CUADRO A.5

**PORCENTAJES DE NA DE LA ALFALFA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.**

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.88	99.90	99.52	99.79	99.46	99.39
3	176.40	227.25	225.35	205.87	175.09	177.93
6	123.71	230.33	198.51	210.17	229.38	211.53
9	225.22	242.24	240.74	247.56	251.12	186.70
12	238.33	209.91	232.73	245.45	161.22	213.41
18	204.28	111.98	184.37	186.52	171.61	151.92
24	138.71	205.39	129.11	114.98	220.75	120.17
36	157.59	189.62	144.72	170.00	154.08	142.72
48	113.90	168.95	134.66	132.48	142.43	120.02
72	146.40	109.55	137.06	140.33	77.59	92.47
96	141.60	65.45	145.74	147.62	116.88	64.37

CUADRO A.6

PORCENTAJES DE K DE LA ALFALFA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.87	99.07	99.83	99.79	98.98	99.41
3	108.56	108.33	111.49	143.18	134.05	120.63
6	155.66	142.64	160.82	143.97	101.49	159.03
9	151.36	116.20	169.70	157.51	171.91	158.17
12	184.33	219.16	340.90	173.96	174.19	180.30
18	168.71	102.84	129.27	141.06	148.02	113.74
24	82.07	139.85	173.65	148.52	131.32	106.45
36	155.01	135.90	92.78	114.41	97.96	93.43
48	100.34	133.19	131.77	110.86	75.15	111.43
72	117.34	125.98	123.22	105.30	81.57	81.56
96	117.90	159.85	111.46	104.84	57.59	84.02

CUADRO A.7**PORCENTAJES DE CU DE LA ALFALFA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.**

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.89	97.20	98.26	99.26	99.26	96.71
3	91.36	87.16	112.45	108.79	98.69	101.14
6	94.06	77.68	82.49	98.61	94.78	97.87
9	86.63	102.79	121.77	88.15	99.94	94.88
12	87.90	99.10	79.48	97.83	88.39	113.59
18	89.18	62.55	90.20	99.66	92.92	112.18
24	87.64	96.28	76.32	98.51	90.23	84.23
36	84.89	84.88	67.76	80.58	85.39	98.94
48	67.37	60.66	58.12	77.86	77.91	74.98
72	69.18	49.68	77.63	77.30	65.01	79.02
96	67.12	43.58	83.53	75.74	87.40	73.79

CUADRO A.8

**PORCENTAJES DE MN DE LA ALFALFA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.**

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.90	99.39	98.57	99.03	98.50	99.65
3	94.32	99.99	114.32	85.59	75.15	84.74
6	98.34	84.50	58.06	68.34	74.93	72.03
9	87.15	50.01	34.18	76.24	64.87	64.47
12	55.29	93.07	50.66	53.54	60.57	56.16
18	46.88	35.60	51.34	45.13	60.85	46.45
24	43.73	48.98	46.85	38.43	38.76	38.40
36	59.38	35.00	18.75	28.44	56.52	46.35
48	31.49	36.63	29.81	43.53	56.60	27.48
72	26.10	20.56	24.55	28.27	36.57	24.25
96	28.88	18.53	24.39	43.99	29.30	33.27

CUADRO A.9

PORCENTAJES DE ZN DE LA ALFALFA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.90	99.62	97.00	99.80	99.78	97.97
3	71.01	58.12	82.09	95.40	77.54	83.01
6	80.08	67.63	72.30	83.20	79.31	83.89
9	71.30	71.05	68.38	76.74	79.80	79.98
12	66.92	72.10	68.27	72.91	73.98	70.23
18	70.08	48.92	60.06	65.83	64.29	58.16
24	53.96	55.31	65.80	64.80	73.89	48.87
36	56.87	61.76	43.62	67.35	62.98	63.64
48	44.93	47.61	48.16	53.41	59.58	51.34
72	50.71	37.20	49.58	48.53	45.54	38.01
96	38.77	42.49	56.05	52.30	48.58	41.27

CUADRO A.10

**PORCENTAJE DE MS DEL PANGOLA NO DIGERIDA
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.**

DIETA: ALFALFA

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.98	99.81	98.75	99.85	99.81	99.33
24	75.39	75.54	77.08	78.14	75.56	73.65
48	66.07	64.91	64.86	60.46	63.19	63.44
72	64.61	59.10	62.02	60.18	55.41	59.20
96	59.80	59.41	64.05	55.36	55.36	50.95

DIETA: PANGOLA.

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.51	99.86	99.55	99.67	99.55	99.79
24	78.33	82.92	79.35	80.61	78.57	83.74
48	69.00	68.04	69.45	60.25	68.10	67.45
72	57.11	55.44	61.92	60.32	60.18	59.55
96	46.77	43.88	45.54	46.74	21.97	31.26

CUADRO A.11

**PORCENTAJE DE CA DEL PANGOLA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.**

DIETA: ALFALFA

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.98	100.87	98.75	99.85	100.88	98.27
24	97.05	104.47	98.07	107.24	78.93	96.53
48	93.90	81.07	64.45	71.00	73.14	74.65
72	38.08	64.50	75.35	78.36	52.70	59.45
96	71.89	88.36	83.41	54.89	58.78	42.50

DIETA: PANGOLA

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.51	100.93	99.13	99.88	98.49	99.37
24	67.50	89.98	82.73	82.33	71.05	70.38
48	54.32	59.35	62.80	38.46	50.71	53.10
72	48.00	43.06	37.55	68.02	54.80	47.13
96	40.00	25.02	40.31	43.96	33.19	25.54

CUADRO A.12

PORCENTAJE DE P DEL PANGOLA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.

DIETA: ALFALFA

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	103.31	95.06	103.45	99.85	95.06	99.33
24	98.73	74.64	70.66	116.73	160.47	77.16
48	82.74	63.36	71.04	60.74	123.67	58.61
72	90.15	82.45	129.06	109.46	78.90	54.81
96	91.13	129.85	24.40	68.54	79.09	47.31

DIETA: PANGOLA

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	94.77	102.24	97.66	99.67	97.17	100.74
24	108.92	76.60	94.47	104.41	99.52	81.75
48	130.12	86.18	91.60	107.88	106.04	97.64
72	116.12	82.38	110.57	217.45	126.37	116.26
96	124.05	64.15	160.91	115.07	79.50	51.95

CUADRO A.13

PORCENTAJE DEL MG DEL PANGOLA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.

DIETA: ALFALFA.

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.98	99.81	98.75	99.85	99.81	99.33
24	75.39	71.64	65.66	54.99	67.16	58.65
48	58.72	57.70	58.86	57.10	57.34	61.09
72	28.72	60.19	63.17	66.86	52.34	50.43
96	68.66	72.61	67.61	64.59	62.54	47.18

DIETA: PANGOLA.

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.51	98.01	99.55	99.67	98.81	99.64
24	63.82	73.70	70.53	74.64	52.38	49.63
48	69.00	55.44	48.87	58.02	58.01	47.47
72	54.99	39.02	38.99	55.86	49.03	39.70
96	36.38	24.38	26.99	39.82	19.53	30.10

CUADRO A.14

PORCENTAJE DE K DEL PANGOLA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.

DIETA: ALFALFA

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.27	102.64	98.75	99.85	98.40	98.62
24	68.44	50.36	73.80	63.18	91.10	31.86
48	44.98	26.70	72.68	38.59	38.09	66.59
72	54.53	55.32	65.54	35.42	33.80	19.59
96	43.26	58.99	76.77	34.55	38.09	44.09

DIETA: PANGOLA.

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	98.80	99.16	100.26	98.25	99.55	99.08
24	51.11	51.75	74.28	72.04	55.72	134.23
48	38.17	42.46	42.36	64.95	60.86	66.02
72	40.50	40.11	28.11	23.96	22.19	32.94
96	20.56	3.73	18.73	26.52	18.07	13.30

CUADRO A.15

PORCENTAJE DE CU DEL PANGOLA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.

DIETA: ALFALFA.

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.52	98.67	98.53	99.28	99.93	99.33
24	38.82	51.86	44.10	44.70	43.23	42.14
48	37.80	48.27	55.66	44.96	54.22	50.81
72	73.93	43.95	46.13	37.87	38.04	40.64
96	47.90	54.38	40.31	41.17	38.01	32.06

DIETA: PANGOLA

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.39	99.86	99.67	99.44	99.55	99.79
24	80.66	71.15	81.71	64.56	80.91	95.82
48	94.74	81.74	59.59	62.04	77.92	57.88
72	65.34	50.75	49.59	65.57	65.41	51.10
96	40.13	42.67	49.50	42.78	25.13	28.61

CUADRO A.16

**PORCENTAJE DE MN DEL PANGOLA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.**

DIETA: ALFALFA

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	98.50	100.80	98.51	99.61	100.80	100.31
24	42.24	45.12	44.62	44.27	45.59	45.81
48	30.92	30.77	24.36	26.05	27.62	26.60
72	28.65	22.92	27.50	35.94	19.79	22.24
96	36.82	40.61	30.76	36.82	24.55	32.63

DIETA: PANGOLA

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	99.51	99.00	99.31	99.54	99.30	99.79
24	67.53	64.84	60.10	69.49	68.70	70.65
48	97.30	72.48	67.56	67.52	71.29	58.86
72	60.49	49.16	49.19	82.46	72.96	53.54
96	38.01	30.26	45.71	53.82	36.93	27.14

CUADRO A.17

PORCENTAJE DE ZN DEL PANGOLA NO DESAPARECIDO
A DIFERENTES TIEMPOS DE DIGESTION EN RUMEN.

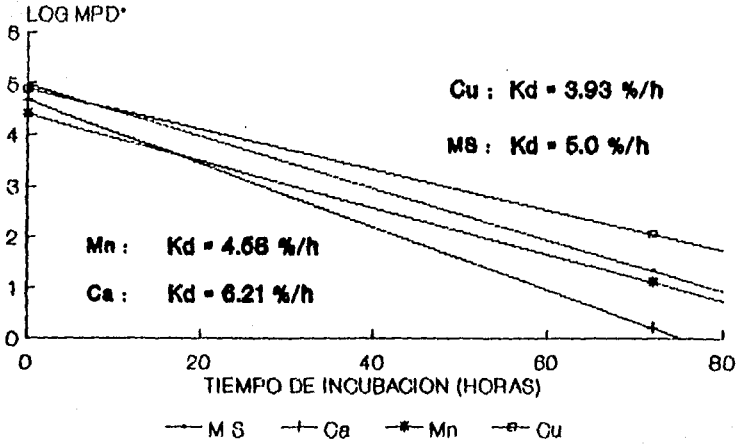
DIETA: ALFALFA

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	100.24	98.54	98.75	102.42	99.82	99.33
24	87.00	96.85	67.20	66.12	61.99	196.41
48	74.54	73.24	61.54	72.87	89.11	105.74
72	104.38	92.44	77.93	60.18	59.68	71.35
96	85.87	124.16	68.99	90.85	56.79	84.92

DIETA: PANGOLA

TIEMPO	ANIMAL					
	1	2	3	4	5	6
0	96.95	99.86	99.81	98.39	99.55	97.23
24	74.31	110.56	85.45	115.75	72.52	107.36
48	84.92	87.23	85.47	88.06	71.59	86.48
72	54.18	83.88	31.75	47.95	49.38	36.74
96	20.39	18.00	19.85	37.15	18.02	16.03

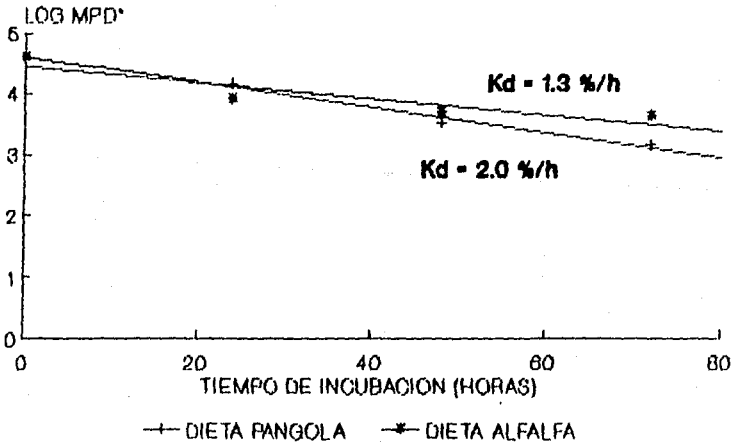
FIG A.1 TASA DE DESAPARICION DE LA MS, Ca, Mn Y Cu DE LA ALFALFA.



$P > 0.05$

* Logaritmo del material potencialmente digestible.

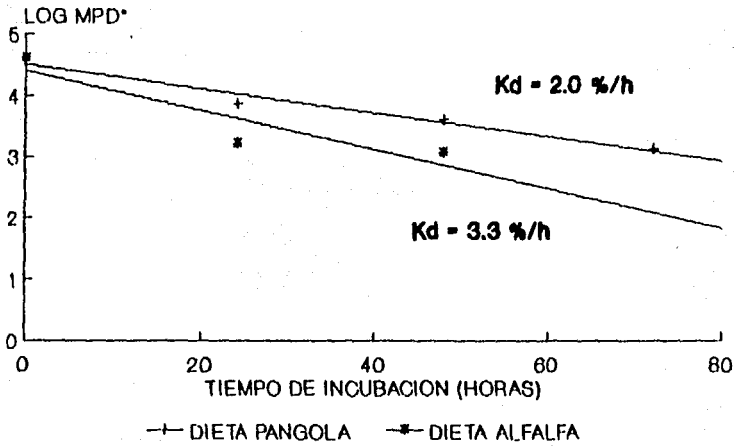
FIG A.2 EFECTO DEL TIPO DE DIETA SOBRE LA TASA DE DESAPARICION DEL Ca DEL PASTO PANGOLA.



$P > 0.05$

* Logaritmo del material potencialmente digestible.

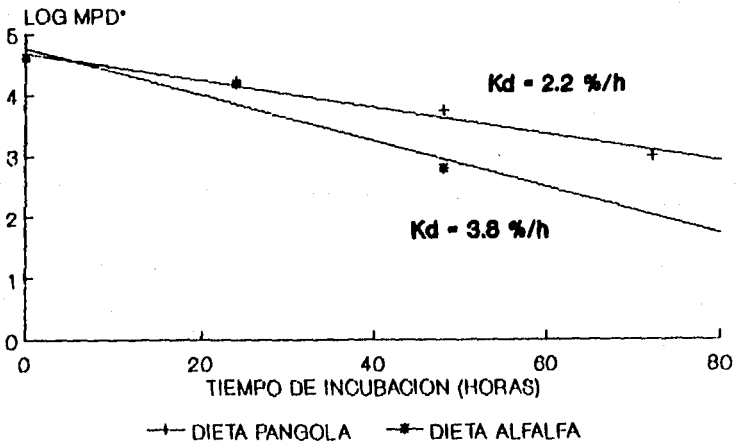
FIG A.3 EFECTO DEL TIPO DE DIETA SOBRE LA TASA DE DESAPARICION DEL Mg DEL PASTO PANGOLA.



$P > 0.05$

* Logaritmo del material potencialmente digestible.

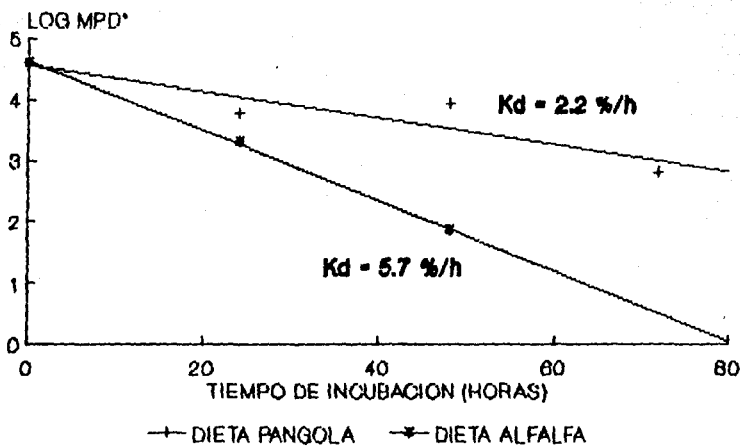
FIG A.4 EFECTO DEL TIPO DE DIETA SOBRE LA TASA DE DESAPARICION DEL K DEL PASTO PANGOLA.



$P > 0.05$

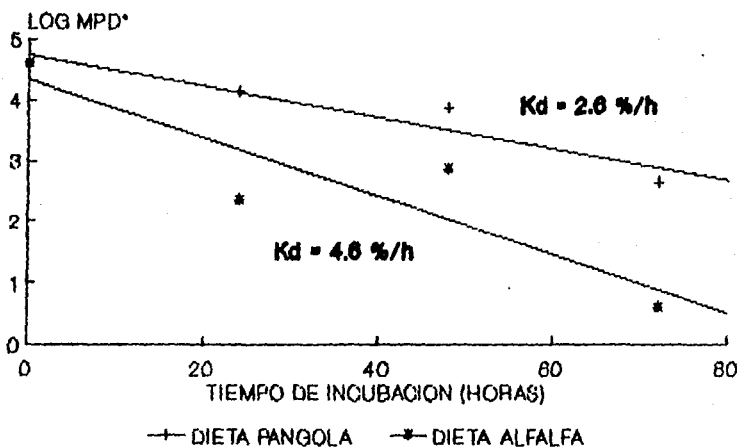
* Logaritmo del material potencialmente digestible.

FIG A.5 EFECTO DEL TIPO DE DIETA SOBRE LA TASA DE DESAPARICION DEL Mn DEL PASTO PANGOLA.



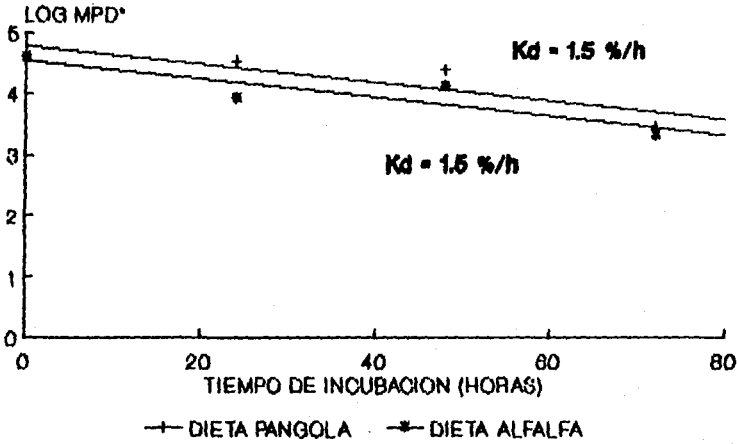
$P < 0.05$
*Logaritmo del material potencialmente digestible.

FIG A.6 EFECTO DEL TIPO DE DIETA SOBRE LA TASA DE DESAPARICION DEL Cu DEL PASTO PANGOLA.



$P > 0.05$
* Logaritmo del material potencialmente digestible.

**FIG A.7 EFECTO DEL TIPO DE DIETA
SOBRE LA TASA DE DESAPARICION
DEL Zn DEL PASTO PANGOLA.**



$P > 0.05$

* Logaritmo del material
potencialmente digestible.