



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**«PROCESAMIENTOS QUIMICOS DE LA  
CASCARILLA DE CAFE Y SU EFECTO  
SOBRE LA DIGESTIBILIDAD IN VIVO»**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA  
P R E S E N T A:  
VICTOR MANUEL MOLINA GARCIA**

**Asesor:**

**M. V. Z. MSC CARMEN GUARDIOLA DE M.**

**México, D. F.**

**1982**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## C O N T E N I D O

	Pág.
RESUMEN .....	I
INTRODUCCION .....	1
OBJETIVO .....	12
MATERIAL Y METODOS .....	13
RESULTADOS .....	15
DISCUSIONES .....	17
CONCLUSIONES .....	24
BIBLIOGRAFIA .....	25
ANEXOS .....	29

## RESUMEN

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, se realizó un trabajo tendiente a evaluar el efecto del tratamiento alcalino sobre la digestibilidad de la cascarilla de café. Se trató este subproducto de la industria cafetalera con soluciones de NaOH a 0, 4, 8 y 12% de concentración durante 24, 48 y 72 horas utilizando el método de inmersión.

Se estimó el efecto del tratamiento sobre la digestibilidad de la materia seca (MS) de la cascarilla de café mediante la técnica de la bolsa de nylon utilizando tiempos de incubación en rumen (24, 48 y 72 horas) en dos ovinos provistos de cánula ruminal permanente.

Los resultados obtenidos nos muestran un efecto positivo al tratamiento alcalino ( $P < .01$ ). En lo que se refiere a la digestibilidad de la MS, se observó un efecto directamente proporcional al nivel de concentración de NaOH ( $P < .01$ ). Mediante una ecuación de regresión se pudo notar que por cada 1% de NaOH aumenta 1.38% la digestibilidad de la materia seca de la cascarilla de café. Además se pudo observar que el tiempo del tratamiento alcalino produce una respuesta positiva en la digestibilidad in situ de la materia seca (DISMS) ( $P < .01$ ) y que el tiempo de incubación en rumen no influyó en la DISMS de la cascarilla de café tratada con NaOH. Se pudo apreciar una interacción entre el tiempo de tratamiento y la concentración de NaOH puesto que se obtuvo una respuesta diferente cuando se analizaron en forma separada estas dos variables.

Con los resultados obtenidos en este trabajo, se puede concluir que la cascarilla de café puede ser mejorada en su valor nutritivo mediante el tratamiento alcalino y es una alternativa a emplearse en raciones para rumiantes como un producto fibroso, sobre todo en épocas críticas - (sequía) en zonas cafetaleras en el país.

## I N T R O D U C C I O N

El desarrollo de la ganadería implica un mejoramiento de técnica y procedimientos que deben estar íntimamente relacionados con el medio ambiente y los recursos naturales disponibles. Es por eso que además de los pastos que poseen los países de América tropical es menester encontrar los medios adecuados para utilizar otros recursos que actualmente se pierden. El uso de esos recursos permitiría una mejor utilización de los pastos y solucionaría por lo menos parcialmente, los problemas causados por la escasez estacional (Ruiz, 1974).

Muchos países del trópico Latinoamericano se ven sometidos a una época de sequía bien definida durante la cual escasea el alimento para los animales.

Aunado a esto, existe una necesidad cada vez mayor de producir alimento para la creciente población humana. Esto trae consigo la búsqueda de materias primas de bajo costo que pueden ser utilizadas en la elaboración de alimento para la industria animal.

Uno de los muchos aspectos que todavía se encuentra en la etapa de subdesarrollo en América Latina es la utilización eficiente de los variados y múltiples recursos naturales existentes en la región. En realidad, el factor responsable no es la escasez de recursos naturales sino más bien la falta de recursos económicos y de elemento humano que en vez de desarrollar tecnologías propias o de hacer uso de los materiales disponibles aplican o importan tecnologías o productos que no son del todo

apropiados para nuestros países (Bressani y Col., 1972).

Entre los recursos naturales abundantes en Latinoamérica se encuentran los subproductos de la industria cafetalera, los que se están subutilizando, puesto que hasta fechas recientes el uso principal que se les ha dado a los subproductos del café es como fertilizante, para lo cual se deben secar antes de aplicarse. Suárez (1960) indicó que 45 kg de pulpa seca de café son equivalentes, en base a su composición química, a 4.5 kg de un fertilizante inorgánico. El problema principal de este uso es el alto contenido de humedad de la pulpa (76.7%) lo que dificulta su manejo (Jarquin et al., 1973).

El cultivo de café es abundante en zonas tropicales y la mayor parte de su producción es destinada a la industrialización. Sin embargo, se sabe que únicamente el 30% del grano de café es útil para la industria cafetalera y el residuo conocido como cascarilla o pergamino de café, no tiene un uso importante dentro de esta industria, quedando así destinado a varios usos de menor importancia y por lo tanto tiene un precio bajo en el mercado (Squibb, 1945).

El pergamino de café es la fracción anatómica que recubre el endosperma del grano. Este material ha sido utilizado como combustible en los propios beneficios de café ya que su calor de combustión suministra la energía necesaria para la deshidratación del grano. Gran parte de este material se desperdicia desechándose al campo y su uso como abono orgánico es muy deficiente debido a que está cubierto de una capa cerosa que impide su rápida descomposición (Jarquin y Col., 1973).

Ha sido poco estudiada la utilización del pergamino de café en la alimentación de animales y considerando que su análisis químico proximal (Bressani y Col., 1972) muestra una composición muy pobre, su descarte está justificado. Sin embargo, la escasez de ingredientes para la elaboración de raciones destinadas al ganado en ciertas épocas del año, sugiere la necesidad de investigar más sobre su uso. La cascarilla de café representa un 12% del peso del fruto de café (lo demás lo constituyen la pulpa de café, 29%; mucílago, 4% y el grano, 55%) en base seca -- (Aguirre, 1966).

En estudios realizados para establecer la composición química de la cascarilla de café, Bressani y Colaboradores (1972) establecieron lo siguiente:

**Composición química del pergamino de café**

<u>Nutrimiento</u>	<u>%</u>
Humedad	7.6
Materia seca	92.8
Ext. etéreo	0.6
Fibra cruda	70.0
Nitrógeno	0.39
Prot. (Nx6.25)	2.4
Ceniza	0.5
ELN	18.9
<u>Nutrimiento</u>	<u>Contenido</u>
Calcio	150 mg
Fósforo	28 mg



Potasio	96 mg
Sodio	16 mg
Fierro	53 mg
Zinc	21.5 ppm
Cobre	12.0 ppm
Manganeso	27.5 ppm

(Bressani y Col., 1972)

La concentración de carbohidratos en la cascarilla de café es la siguiente:

Hexosa soluble	0.45 %
Hexosa estructural	45.9 %
Lignina	24.4 %
Pentosa	20.3 %
T o t a l	<u>91.05 %</u>

(Murillo y Col., 1977)

El pergamino o cascabillo de café es alto en fibra cruda, fracción orgánica que probablemente limita su uso, pero en general dicho subproducto es comparable al olote de maíz o a la cascarilla de algodón en lo que respecta a otros componentes orgánicos (Bressani y Col., 1972).

Pero su empleo con propósitos de alimentación animal es muy limitado a causa de su alto contenido de fibra y baja digestibilidad (Murillo y Col., 1976).

Los análisis a que se sometió el pergamino de café nos muestra-

ron que la materia seca de dicho subproducto está constituida en su mayor parte (88.2%) por paredes celulares, siendo el (11.8%) restante el contenido celular. También contiene un alto porcentaje de hemicelulosa que en conjunto con las paredes celulares representan 65.2% de la materia seca (Jarquin y Col., 1974).

La celulosa puede ser utilizada por los rumiantes como una -- fuente de energía; sin embargo, la utilización de la celulosa de la cascarilla está limitada por su contenido de lignina aproximadamente de 18% y cenizas insolubles, 5% (Bressani y Col., 1972) debido a que estas dos últimas tienen una relación inversa con el valor nutritivo de un alimento.

Se ha visto que a mayor lignificación de la planta menor aprovechamiento de la celulosa por los microorganismos ruminales. Al mismo tiempo la presencia de factores antifisiológicos como cafeína, ác. clorogénico, ác. cafeico y un exceso de potasio limitan el valor nutritivo de los subproductos del café (Aguirre, 1966; Bressani y Elfas, 1976).

Para mejorar la utilización de la cascarilla de café es necesario someterla a algún tratamiento que haga más disponible la celulosa y que disminuya la presencia de factores antifisiológicos. Puesto que el alto contenido de lignina nos sugiere la formación de compuestos complejos tales como la ligno-celulosa o ligno-hemicelulosa, los cuales disminuyen la disponibilidad de la celulosa para los microorganismos ruminales.

Aunque la celulosa de la pared celular de los vegetales, está

formada por moléculas de glucosa, no es digerida por las enzimas de los animales superiores de estómago simple. Sin embargo, los rumiantes domésticos tales como: la vaca, el borrego, la cabra y animales silvestres como la jirafa, el venado y la llama, se alimentan con grandes cantidades de material vegetal. ¿Cómo es esto posible? En el rumen uno de los compartimientos gástricos de tales animales, existen miríadas de bacterias y protozoarios que pueden digerir la resistente celulosa (Hungate, 1975).

Para mejorar la utilización de la cascarilla de café se han empleado métodos físicos y químicos.

Los métodos físicos más usados han sido el molido, secado al sol, deshidratado, etc. sin obtener grandes beneficios.

Entre los métodos químicos están el tratamiento con (NaOH) hidróxido de sodio, (CaOH) hidróxido de calcio, (NH<sub>4</sub>OH) hidróxido de amonio, (Na<sub>2</sub>HS<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) metabisulfito de sodio, y la combinación de estos tratamientos con procesos físicos, como molido, extrusión, calentamiento y secado (Murillo y Col., 1975).

En experimentos realizados, por Bendaña (1977) se vió que existe una relación inversa entre el contenido de extracto etéreo, fibra cruda y fósforo y la concentración de hidróxido de calcio; sin embargo, el contenido de taninos disminuye.

Bendaña (1977) y Gómez y Col. (1977) reportaron que el trata-

miento alcalino con hidróxido de calcio no mejoró el valor nutritivo de la pulpa de café.

El tratamiento con metabisulfito de sodio produce una disminución de la fibra, nitrógeno, paredes celulares y celulosa y un aumento de cenizas, elementos libres de nitrógeno, taninos y lignina.

El tratamiento con hidróxido de sodio es uno de los tratamientos químicos más usados.

Como se mencionó anteriormente, gran parte de los nutrientes potenciales de la cascarilla de café se encuentran rodeados por elementos de la pared celular y el tratamiento alcalino rompe dicha pared celular, aumentando los componentes celulares disponibles para los microorganismos ruminales (Murillo y Col., 1975). Estos mismos autores encontraron al hacer un análisis de los componentes de las paredes celulares que se produjo una hidrólisis parcial de la celulosa y la hemicelulosa cuando se trató la cascarilla de café con NaOH.

El hidróxido de sodio reduce la fuerza de los enlaces intermoleculares de hidróxido de las cadenas de celulosa.

Al debilitarse las fuerzas que las unen, las cadenas de celulosa se exponen más al ataque microbiano. El tratamiento alcalino remueve hasta cierto punto la lignina y el sílice e hidroliza los enlaces ésteres entre los grupos de ácido urónico de la hemicelulosa. Este mismo tratamiento hidroliza los enlaces ésteres entre la hemicelulosa (Carbo-

nell y Vilanova, 1974; Chandra y Col., 1971).

Entre los métodos para el estudio de los alimentos se encuentran los métodos In situ siendo uno de ellos el de la bolsa de fibra artificial.

El uso de la bolsa de fibra artificial es un método por medio del cual se puede obtener una estimación rápida de la tasa de degradación de un alimento en el rumen, mediante un procedimiento sumamente sencillo. Es una herramienta valiosa en el estudio y comprensión de los procesos de fermentación ruminal así como el efecto de la manipulación de factores tales como la dieta básica ofrecida y su respuesta sobre la degradación del alimento dentro de la bolsa. Es fácil generar un gran número de muestras a bajo costo mediante el empleo de esta técnica. Además de que es más apegada a lo que sucede en el animal en forma natural (Orskov et al., 1980). Esta técnica tiene sus limitaciones, siendo importante tomarlas en cuenta, de éstas las más importantes son: 1) Que la muestra está confinada dentro de la bolsa y no se encuentra expuesta a ninguna fragmentación debido a la masticación o rumia. 2) El alimento podría salir del rumen una vez quebrado a un tamaño adecuado. 3) Debe ser recordado que lo que generalmente se mide es la reducción del material a un tamaño suficientemente pequeño para salir de la bolsa y esto no necesariamente es el resultado de una degradación completa a componentes químicos sencillos. Por lo cual los resultados deben ser tratados con el debido cuidado y ser usados como indicadores cualitativos de los principios generales (Orskov et al., 1980).

Acerca del material empleado para la elaboración de las bolsas,

han sido utilizados diferentes materiales tales como seda fina (Quin et al., 1938), ración obtenida de un paracaídas viejo (Schoeman et al., 1972 y Mehrez y Orskov, 1977). Además de que se ha estudiado el tamaño del poro en el material de la bolsa que es otro factor importante porque regula el pasaje de partículas sólidas de la bolsa. Existen informes acerca de tamaños de poro, 1680, 2303 y 2550 hoyos/cm<sup>2</sup> dieron valores similares de desaparición de MS de las bolsas (Rodríguez, 1968). Materiales con poros de 20 y 35 micras dan pérdidas menores de MS que con 53 micras (Uden et al., 1974), mientras que Van Millen y Ellis (1977) consideraron que 10 micras debe ser el máximo del tamaño para un poro si se desea prevenir la pérdida de sólidos. Así como el uso de tela con un tamaño de poro de 12 micras (Orskov et al., 1980) se describe también el uso de nylon 72 x 136 hilos por 6.15 cm<sup>2</sup> (Meathery, 1968) se tiene que revisar periódicamente la tela de las bolsas para mantenerlas en buenas condiciones y limpiar los poros. Acerca del tamaño y forma de la bolsa se sabe lo siguiente: que el tamaño es importante porque debe guardar una relación muy estrecha con tamaño de la muestra para asegurar que el fluido ruminal pueda entrar y mezclarse con la muestra fácilmente y que sea adecuada a la especie en que se utiliza así como que pueda ser fácilmente retirada a través de la cánula ruminal (Rodríguez, 1968; Mehrez, 1976) se recomienda un tamaño 14 x 9 cm ó 15.2 x 5.1 cm con las esquinas del fondo redondeadas para evitar que cualquier muestra quede atrapada y debe tener doble costura para evitar la salida de muestra a través de las perforaciones de la aguja.

Otro aspecto importante es la preparación de la muestra y este paso es interesante puesto que se tiene como finalidad que ésta se encuentre hasta donde sea posible como aparece en el rumen considerándose lo -

más adecuado el tomar la muestra posterior a su masticación por medio de una cánula esofágica (Bailey, 1962) pudiendo ser utilizado un molino de martillos de laboratorio con criba 2.5-3.0 mm y otros métodos para reducir el tamaño de la partícula tales como el corte, el picado, el molido y el enrollado. Estableciéndose que la cantidad de muestra será aquella que nos permita realizar los análisis necesarios después de la incubación. El tiempo de incubación es importante y depende del tipo de alimento y el tipo de resultado que se desee obtener teniendo así incubaciones con poca variación en cuanto a tiempos para relacionar la desaparición de materia seca de la bolsa con la digestibilidad aparente del alimento. Actualmente hay más interés en medir la tasa de degradación para lo que se requieren más mediciones para tener un amplio rango de tiempo.

Como una guía general se recomiendan los siguientes tiempos: - concentrados 12-36 hs, forrajes de alta calidad 24-60 hs y los forrajes de baja calidad 48-72 hs, éstos son períodos necesarios para obtener una asíntota que represente el potencial de degradación del alimento. Mehrez y Orskov (1977) encontraron que la fuente principal de variación para la desaparición de la materia seca de las bolsas fue la variación entre animales la que estimaron, como 6,2% en promedio; seguido de la variación - entre días (4.9%) y entre bolsas (3.3%). Se recomienda incubar en una misma vez en bovinos 12 bolsas según Balch y Johnson (1950), en ovejas - no más de 5, según Mehrez y Orskov (1977). Aún cuando se pueden incubar 9 bolsas en ovejas provistas de cánulas de 40 mm de diámetro. Las recomendaciones sobre la dieta del animal son importantes pues influye en el efecto de degradación ruminal de la muestra. Dietas a base de forraje - de buena calidad como alfalfa o alfalfa-orchard grass son aparentemente

adecuadas. Sin embargo, el óptimo es que el animal consuma el mismo forraje que se va a estudiar (Tejada, 1980).

El método de la bolsa de nylon se puede aplicar al estudio de los procesos ruminales y de degradación de suplementos proteicos, estimación de la tasa de degradación, el potencial de degradabilidad de forrajes y alimentos toscos y evaluación de forrajes y subproductos, etc. (Orskov et al., 1980).



## FUNDAMENTO

Tomando en cuenta la creciente demanda de productos de origen animal, se crea la necesidad de abaratar el costo de su producción y al mismo tiempo, tratar de aprovechar subproductos de la industria cafetalera que de otra manera se desaprovechan, además de constituir un problema para su eliminación en las regiones cafetaleras del país.

## OBJETIVO

1. Estudiar el efecto del procesamiento alcalino sobre la cascarilla de café.

## MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron dos borregos con fístula ruminal provistos de una cánula permanente (tipo rígida) los cuales estuvieron recibiendo una dieta que contenía cascarilla de café. Se alojaron en un corral con comedero y bebedero.

Se utilizó cascarilla de café la cual fue tratada con soluciones de NaOH a diferentes concentraciones 0, 4, 8 y 12% y diferentes tiempos de contacto: 24, 48 y 72 hs, siguiendo el método de tratamiento alcalino por inmersión.

El método de inmersión consistió en mantener la cascarilla de café sumergida en soluciones de NaOH de diferentes concentraciones en base a MS de la cascarilla (92,8%) (Bressani y Col., 1972) peso a peso. Siguiendo el arreglo factorial 3x3x4 éstas tuvieron 3 tiempos de contacto: 24, 48 y 72 hs, cada muestra de los niveles de concentración.

Una vez que se cumplió el tiempo de contacto se procedió a lavar las muestras con agua corriente para eliminar el exceso de NaOH. Se lavaron las muestras en un recipiente lava-pipetas manteniendo el flujo de agua por 12 hs. Después del tratamiento el producto se secó a no más de 50C y molido en un molino Willey con una criba de 1 mm.

Se utilizaron bolsas de nylon para paracaídas de 10x5 cm, hechas con doble costura y esquinas redondeadas utilizando hilo de nylon del No. 8 (Figroid et al., 1972; Mehrez y Orskov, 1977; Orskov et al.,

1980). A las cuales se les colocaron 2 gramos de muestra.

Las bolsas con las muestras fueron secadas y pesadas hasta lograr peso constante y se colocaron en el rumen, atadas con hilo nylon a la cánula. Se les puso un lastre dentro de cada bolsa (Mehrez y Orskov, 1977; Orskov, 1980) y se incubaron en rumen el tiempo propuesto en el diseño (24, 48 y 72 hs). Al finalizar el tiempo de incubación se sacaron las bolsas y se lavaron con agua corriente hasta que el agua salio limpia. A continuación se secaron a 50°C por 24 h hasta peso constante.

El cálculo de la digestibilidad de la materia seca se hizo de la siguiente manera:

$$\text{MS original en la muestra} - \text{MS en la muestra después de la incubación} = \text{MS desaparecida}$$

$$\frac{\text{MS desaparecida}}{\text{MS original en la muestra}} \times 100 = \% \text{ digestibilidad MS}$$

Los resultados se sometieron a un análisis estadístico donde se compararon las diferencias entre tratamientos y las interacciones de tiempo de incubación en el rumen con tiempo de contacto y con concentración de NaOH según el análisis de varianza propuesto por Steel y Torrie (1960).

## R E S U L T A D O S

Los resultados de los experimentos realizados en este estudio muestran un incremento en la digestibilidad in situ de la materia seca, de la cascarilla de café como un efecto al tratamiento alcalino con NaOH. Dicho incremento fue directamente proporcional a la concentración de -- NaOH ( $P < .01$ ) como se observa en el Cuadro 1 que va de 15.31% de la digestibilidad in situ de la materia seca (DISMS), valor promedio para el tratamiento testigo con 0% de NaOH, hasta 32.37% con 12% de NaOH.

Mediante una ecuación de regresión de la forma  $y = 16.85 + 1.38x$  con  $r = 0.95$  se estimó que por cada 1% de NaOH se aumenta la digestibilidad en 1.38% ( $P < .01$ ) como se observa en el Cuadro 3.

Al analizar el efecto del tiempo de duración del tratamiento alcalino se observó un resultado positivo que en el análisis de varianza demostró ser estadísticamente significativo ( $P < .01$ ) obteniendo tres digestibilidades con promedios de 21.38, 25.92 y 28.18 para 24, 48 y 72 horas, respectivamente.

El tiempo de incubación en rumen no tuvo efecto positivo en DISMS de la cascarilla de café ( $P < .01$ ).

En cuanto al análisis de la interacción se apreció que el tiempo de tratamiento y la concentración de NaOH respondieron de manera diferente a cuando se analizaron en forma separada cada uno de ellos, siendo esta interacción estadísticamente significativa ( $P < .01$ ).

No se notó una correlación entre la concentración y el tiempo de incubación en rumen, así como tampoco entre el tiempo de incubación y el tiempo de tratamiento no se observó correlación significativa a la interacción de concentración con tiempo de tratamiento alcalino y tiempo - de incubación en el rumen.

## D I S C U S I O N

El uso de la cascarilla de café en la alimentación animal se ha limitado a causa de su bajo valor nutritivo, principalmente debido a su alto contenido de fibra (70%) y a la baja digestibilidad de la MS -- (10.30%) (Bressani et al., 1972; Jarquin et al., 1973). La fibra de la cascarilla de café está compuesta por carbohidratos solubles (hexosas), 0.45%; carbohidratos estructurales (pentosas), 20.30%; (hexosas) 45.90%; (lignina) 24.40% (Jarquin et al., 1973). Se puede notar un bajo contenido en carbohidratos solubles en relación a los carbohidratos estructurales y lignina, a este se puede deber la baja digestibilidad de su MS.

Si consideramos la composición química de la cascarilla de café, podemos observar que la cantidad de hemicelulosa y celulosa que posee (65.2%) puede ser una alternativa como ingrediente en raciones para ruminantes, pero debido a que estos compuestos no se encuentran muy disponibles por estar formando parte de compuestos complejos con la lignina que representa el 17.7% (Murillo et al., 1976). Se conocen resultados positivos en cuanto a la factibilidad de mejorar el valor nutritivo de forrajes y subproductos lignocelulósicos sometiénolos a tratamientos químicos y físicos. Murillo et al. (1976) aplicaron NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub> y NH<sub>4</sub>OH en concentraciones de 0, 2.5, 5.0 y 10.0% durante 24 horas y observaron una disminución del contenido de fibra ácido detergente, lo que indica una solubilización por hidrólisis de los componentes de la fibra de la cascarilla de café. Esto concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, en el que se observó de un incremento de la DISMS de la cascarilla de café, debido al tratamiento con NaOH. Nuestros resultados muestran -

un aumento de la DISMS de la cascarilla de café al ser tratada con NaOH (P .05) siendo la respuesta lineal, es decir conforme aumenta la concentración de NaOH se incrementa la DISMS.

Existen otros reportes que también muestran un aumento en la DISMS de diferentes componentes: en paja de trigo (Rexen et al., 1976), paja de arroz (Garret et al., 1979) con rastrojo de maíz (Klopfenstein, 1978), etc. al ser sometidos a tratamientos alcalinos.

Existen gran cantidad de trabajos en los que se demuestra el efecto del tratamiento con NaOH a forrajes y otros productos altamente fibrosos, donde se han apreciado efectos tanto desde el punto de vista químico como de su dinámica de digestión.

Este estudio demuestra que el tratamiento de forrajes con NaOH aumenta la proporción de paredes celulares potencialmente digeribles, así como la tasa de desaparición del rumen tanto debida a digestión, como por velocidad de paso con lo que se pueden esperar dos cosas: 1) un aumento en el consumo de alimento, 2) y que no se tenga la digestibilidad óptima por no tener un tiempo necesario para obtener toda la degradación posible en rumen. Aún cuando se ha calculado que el balance entre estas dos situaciones es a favor del tratamiento.

Se ha visto que la digestibilidad de la materia orgánica aumenta por aproximadamente 3.6 unidades por cada 10 g de NaOH/kg de materia seca, esto es a concentraciones de 0.45 g de NaOH/kg de materia seca del forraje (Rexen et al., 1976).

Nuestros estudios demuestran un aumento en la digestibilidad debido al tratamiento alcalino, existen reportes en los que se han evaluado concentraciones moderadas (0-5.5%) en los que se han reportado incrementos en la digestibilidad de subproductos agroindustriales tales como rastrojos, forrajes de mala calidad y aserrín, corteza de árbol, trabajos como los de Barton et al. (1974) y Ololade et al. (1970).

Este efecto se debe a una reducción de la fuerza de los enlaces intermoleculares que ocurren entre los componentes de la fibra (carbohidratos estructurales de la pared celular con la lignina). Las fibras de la celulosa dentro de la matriz de la pared celular al ponerse en contacto con el álcali pierden un poco de fuerza y se hidrolizan los enlaces ésteres entre los grupos de ácido urónico de la hemicelulosa y la celulosa (Jackson, 1977).

Evidencia reciente indica que el contenido de lignina no se reduce por el tratamiento alcalino y el aumento en la digestibilidad se debe a un rompimiento de los enlaces entre la lignina y la celulosa y hemicelulosa (Klopfenstein, 1978; Morris y Bacon, 1976).

Sánchez (1976) cita varios mecanismos que se asocian con la digestibilidad de forrajes con escaso valor nutritivo como los que se enlistan:

1. La enzima celulosa es inhibida por un polifenólico soluble.
2. La celulosa es inhibida por vía de cadenas covalentes que existen entre la lignina, sílice y/o hemicelulosa.



3. Todo organismo que produce ligninasa es anaerobio y está ligado a un anillo aromático. La unión ocurre estrictamente bajo condiciones aneróbicas.
4. La cristalinidad de la celulosa no ha logrado relacionarse con la digestibilidad de forrajes, pero teóricamente las estructuras cristalinas podrían ser más resistentes a la disolución.

Las dosis elevadas de NaOH mejoran la DISMS. Sin embargo, la posible interferencia que la inclusión de estas dosis (más de 5,5% se considera dosis alta), puede tener efectos sobre el metabolismo ruminal y del animal en sí, han sido poco estudiadas. En cuanto al efecto sobre la fisiología ruminal y química sanguínea de las pajas tratadas se consultaron los siguientes trabajos: en ovinos al estudiar la digestibilidad de MS, fluidos ruminales y metabolitos en plasma. Los tratamientos con NaOH a niveles de 2, 3 y 4% incrementaron significativamente la digestibilidad de la MS, mientras que la retención de nitrógeno disminuyó con el nivel de 4% de NaOH. Al incrementar la concentración de NaOH aumenta el nivel de ácido propiónico, disminuye el ácido isovalérico, el ácido acético tiende a decrecer y el butírico a incrementarse, además las concentraciones de amoníaco en el rumen disminuyen así como los niveles de urea en sangre (Ololade y Mowat, 1975; Shin et al., 1975). El pH ruminal aumenta conforme se incrementa el contenido de NaOH en la ración (6.03 a 7.15) sin causar con ello trastornos fisiológicos (Keith y Daniels, 1975) y las anomalías más frecuentemente observadas en animales alimentados con forrajes tratados con NaOH son orina alcalina, diuresis osmótica y hemoglobinuria (Ololate et al., 1973, 1975).

En novillos alimentados con paja de cebada tratada, se ha obser

vado un incremento en el pH de líquido ruminal y una disminución del amoníaco ruminal y la urea en plasma, sin que esto afecte en forma negativa a los animales. La disminución en el amoníaco en rumen puede interpretarse, como una mayor utilización por parte de las bacterias del nitrógeno amoniacal para la síntesis de proteína microbiana (Anderson y Ralston, 1973).

El incremento en la digestibilidad de pajas, forrajes y subproductos fibrosos es de 25 a 50% de acuerdo con Anderson y Ralston, 1973; Meléndez et al., 1976; Barton et al., 1974; Donefer, 1968; Guggolz et al. 1971; Klopfenstein et al., 1972, usando productos químicos tales como - NaOH, 1 a 15%; KOH, 7 a 15%; NaClO<sub>2</sub>, 7%; Ca(ClO)<sub>2</sub>, ; Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, 16%; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1%, en niveles como los que se mencionan, observaron que hay una respuesta específica para cada forraje, aunque la disminución de los componentes fibrosos (por un aumento en la solubilidad de éstos), hemicelulosa y celulosa sea en general la respuesta para todos los forrajes tratados.

Los resultados de nuestro trabajo nos muestran que aunque la hidrólisis alcalina es benéfica en un tiempo de contacto mayor a 24 hs, el efecto es más dramático durante las primeras 24 hs. Esto también ha sido observado por otros autores (Meléndez et al., 1976; Anderson y Ralston, 1973), pero resultados similares en cuanto a mayores efectos se reportan por Barton et al. (1974) para pajas en relación a la remoción de lignina, (con 48 horas de tratamiento). Esto concuerda con lo obtenido por nosotros en cuanto al efecto positivo del tiempo de tratamiento -- (P .05) sobre la DISMS de la cascarilla de café.

El efecto del tiempo de incubación en rumen, fue estudiado al

someter las diferentes muestras a 24, 48 y 72 horas de digestión ruminal. Nuestros resultados muestran que la digestión ruminal de la cascarilla de café tratada es más activa durante las primeras horas ya que no hubo respuesta al dejar la muestra incubándose por más tiempo (48 y 72 hs) en rumen. Esto se puede deber al hecho de que las bacterias obtienen los nutrientes en las primeras horas y los utilizan sobre todo mientras tengan energía disponible para la síntesis microbiana (Hungate, 1966). El tratamiento alcalino produce una celulosa amorfa, que es penetrada más fácilmente por los microorganismos ruminales, pero la penetración y obtención de nutrientes se realiza en las primeras horas. Esto indica que una permanencia prolongada de la cascarilla de café en el rumen, no mejora su digestibilidad y que la disminución en el tamaño de la partícula, ayudaría en su aprovechamiento ya que aunque al disminuir el tamaño de la partícula se disminuye la digestibilidad de la celulosa, se mejora la tasa de dilución y la velocidad de paso, ocasionando un mayor consumo de alimento que puede resultar en una mayor obtención de nutrientes.

El efecto de los tratamientos químicos puede ser resumido así:

Incrementa la tasa de digestión.

Incrementa la extensión de la digestión'

Incrementa el consumo de alimento.

Incrementa en 10 a 14 unidades la digestibilidad in situ de la materia seca.

Incrementa la energía metabolizable.

Reduce el contenido de nitrógeno.

Reduce la solubilidad del nitrógeno.

Incrementa el contenido de cenizas.

Posibles efectos sobre los animales que consuman el material -  
tratado:

Incrementa el consumo de agua.

Incrementa el sistema bofer en rumen.

Incrementa la tasa de pasaje del alimento.

Una vez que se tiene el material tratado se tiene que buscar -  
la manera de subsanar las deficiencias nutricionales que se tengan, ya  
que es el que se ofrecerá al ganado. En esta área se han realizado tra-  
bajos en los que se contemplan programas de suplementación de los nutrien-  
tes más importantes como lo es la proteína y se han probado fuentes de -  
proteína vegetal a partir de pasta de soya y con fosfato de amoníaco (Sa-  
xena et al., 1971; Koers et al., 1972) y otras fuentes de nitrógeno no -  
proteico han sido estudiadas por Swingle y Way Mac (1975).

## C O N C L U S I O N E S

Se puede concluir que la cascarilla de café se puede incluir - en las raciones para rumiantes. La digestibilidad in situ de la MS de - la cascarilla de café se incrementa al tratarla con NaOH. En este trabajo no se realizaron estudios de balance de nutrientes en animales, hay - la necesidad de realizarlo en un futuro.

La respuesta al tratamiento alcalino con NaOH sobre la DISMS - es lineal en los resultados aquí utilizados.

No se observó una respuesta significativa al tiempo de incuba- ción en rumen, mientras que la DISMS aumentó, conforme se aumentó el -- tiempo de exposición al NaOH.

## B I B L I O G R A F I A

- Aguirre, B.F., 1966, La utilización industrial del grano de café y sub-productos. Guatemala, Instituto Centro Americano de Investigación y Tecnología Industrial (Investigaciones tecnológicas del ICAITI) No. 1, 43.
- Anderson, D.C. and Ralston, A.T., 1973, Chemical treatment of rye grass straw in vitro dry matter digestibility and compositional -- changes. J. Anim. Sci., 37:148.
- Bailey, C.B., 1962, Rates of digestion of swallowed and unswallo wed - dried grass in the rumen. Can. J. Anim. Sci., 42:49.
- Balch, C.C. and Johnson, V.W., 1950, Factors affecting the utilization of food by dairy cows-2-factors influencing the rate of break-down of cellulose (cotton thread) in the rumen of the cow. - Brit. J. Nutr., 4:389.
- Barton, F.E., H.E. Amos, W.J. Albrecht and D. Burdich, 1974, Trestring - peanut hulls to improve digestibility for ruminants. J. Anim. Sci., 38:860.
- Bendaña, G., 1977, Efecto de tratamientos alcalinos por remojo o contac-to sobre el valor nutritivo y composición química de la pulpa de café fresca o ensilada. Tesis (Magister Sci.), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (INCAPCESNA), Guatemala, pág. 50.
- Bressani, R., Estrada, E., Jarquin R., 1972, Pulpa y Pergamino de café. 1. Composición química y contenido de aminoácidos de la proteí na de la pulpa. Turrialba, 299.
- Bressani, R. y Elías L., G., 1976, Utilización de desechos de café en - alimentación de animales y materia prima industrial. Informe de trabajo presentado en la Reunión de Exposición Panama del - Istmo Centro Americano (EXICA 76), San Salvador, El Salvador, 3-8 mayo
- Carbonell, A.J. y Vilanova M., 1974, Beneficiado rápido y eficiente del café mediante el uso de sosa cáustica. Departamento de Estudios Técnicos y de Diversificación, Proyecto 1, Subproyecto 5, Oficina de Café, San José de Costa Rica.

- Chandra, S. y Jackson, M.G., 1971, A study of various chemical treatments to remove lignin from coarse roughages and increase their digestibility. *J. Agric. Sci., Camb.*, 77:11.
- Donefer, E., 1968, The effect of sodium hydroxide treatment on the digestibility and voluntary intake of straw, *Pro. of and World Conf. on Anim. Prod.*, 446.
- Frigoid, W., Hale, W.H., Thecurer, B., 1972, An evaluation of the nylon bag technique for estimating rumen utilization of grains. *J. Anim. Sci.*, 35:113.
- Garrett, W.N., Walker, H.G. Kohler, G.O. and Hart M.R., 1979, Response of ruminants to diets containing sodium hydroxide or ammonia treated rice straw. *J. Anim. Sci.*, 48(1):92.
- Gómez, B.R.A., Bendaña G. Braham J.E. y Bressani R., 1977, Estudio comparativo entre pulpa de café fresca o ensilada y efecto de tratamientos alcalinos con hidróxido de calcio sobre el valor nutritivo y composición química de la pulpa de café. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Informe Anual 1/o. Enero 31-Diciembre 1976, Guatemala.
- Guggolz J., G.O. Kohler and T.J. Klopfenstein, 1971, Composition and improvement of grass straw for ruminant nutrition. *J. Anim. Sci.* 33:151.
- Hungate, E.R., 1966, *The rumen and its microbes.* Ed. Academic Press, - New York.
- Hungate, R.E., 1975, *La Celulosa en la Nutrición Animal.* CECSA, Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología, A.C.
- Jackson, 1977, The alkali treatment of straws. *Anim. Feed Sci. Tech.*, - 2:105.
- Jarquín, R., Murillo, B., González, J.M., Bressani, R., 1973, Pulpa y Pergamino de café en la alimentación de ruminantes. *Turrialba*, 24(2):168.
- Keith, E.A. and L.B. Daniels, 1975, Sawdust before and after chemical treatment. *J. Anim. Sci.*, 41:407.
- Klopfenstein, T., 1978, Chemical treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.*, 46(3):841.
- Klopfenstein, T.J., Krause, V.E, Jones, M.J. and Walter W., 1972, Chemical treatment of low quality roughages. *J. Anim. Sci.*, 35(2):418.

- Koers, W., V. Prorop and T.J. Klopfenstein, 1972, Sodium hydroxide treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.*, 35:1131.
- Mehrez, A.E. and Orskov, E.R., 1977, A study of the artificial fibre bag technique in determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci., Camb.*, 88:645.
- Mehrez, A.Z., 1976, Assessment of the nitrogen requirement for rumen fermentation in sheep. Ph.D. Thesis, University of Aberdeen, -- Scotland.
- Meléndez, A., E. Sánchez y P. Márquez, 1976, Cambios en la composición química y digestibilidad in vitro de la paja de trigo tratada con compuestos alcalinos. Resúmenes de la XIII Reunión Anual del INIP - SAG, México.
- Morris, E.J. and Bacon, J.S., 1976, Digestion of acetyl groups and cell wall polysaccharides of grasses in the rumen. *Pro. Nutr. Soc.* 35:94.
- Murillo, B., Cabezas, M.T. y Bressani, R., 1976, Pulpa y pergamino de café. X. Cambios en la composición química del pergamino de café por efecto de diferentes tratamientos alcalinos. *Turrialba*, - 25(2):179.
- Neathery, N.Y., 1968, Dry matter disappearance of roughages in nylon bags suspended in the rumen. *J. Dairy Sci.*, 52:74.
- Ololade B.G., D.N. Mowat y Winch, J.E., 1970, Effect of processing methods on the in vitro digestibility of sodium hydroxide treated -- roughages. *Can. J. Anim. Sci.*, 50:657.
- Ololade, B.G. and S.C. Smith, 1973, Digestibility and nitrogen retention of NaOH treated diet. *J. Anim. Sci.*, 37:352.
- Ololade, B.G. and D.N. Mowat, 1975, Influence of whole plant barley reconstituted with sodium hydroxide on digestibility, rumen fluid and plasma metabolism of sheep. *J. Anim. Sci.*, 40:351.
- Orskov, E.R., F.D. Deb Hovell y F. Would, 1980, Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la valoración de los alimentos. *Prod. Anim. Trop.*, 5(32):213.
- Quin, J.I., Van Der Wath, J.G. y Myburgh, S., 1938, Studies on the alimentary canal of merino sheep in south Africa. 4. Description of experimental technique. *Onderstepoort J. Vet. Sci. Anim. Ind.*, 11:341.



- Rexen Finn., 1976, The effect on digestibility of a new technique for - alkali treatment of straw. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, 1:73.
- Rodríguez, H., 1968, The in vivo bag technique in digestibility studies *Rev. Cubana Cienc. Agric.*, 2:77.
- Ruiz, M.E., 1974, Utilización de subproductos del café en la alimentación animal y otras aplicaciones agrícolas e industriales. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) - Turrialba, Costa Rica.*
- Sánchez, E.J., 1976, Cambios en la composición química y digestibilidad de forrajes de baja calidad nutritiva mediante el uso de diversos compuestos químicos (revisión de Literatura). *Téc. Pec. Méx.*, 31:68.
- Sexena, S.K., D.E. Otterby, J.D. Donker and A.J. Good, 1971, Effects of feeding alkali treated oat straw supplemented with soybean meal and no proteic nitrogen on growth of lambs and on certain blood and rumen liquor parameters. *J. Anim. Sci.*, 33:385.
- Schoeman, E.A., D. Wet, P.J. and Burger W.J., 1972, The evaluation of the digestibility of treated proteins. *Agroanimalia*, 4:35.
- Shin, H.T., V.S. Garrigus and F.N. Owens, 1975, NaOH treated wheat straw rations for sheep. *J. Anim. Sci.*, 41:417.
- Squibb, R.L., 1945, El ensilaje de pulpa de café en el engorde de los becerros. *La Hacienda*, 40(9):438-441.
- Steel, L.R. and Torrie, R., 1960, Principles and procedures of statistics Ed. McGraw-Hill, N.Y. (205).
- Suárez de Castro, F., 1960, Valor de la pulpa de café como abono. *Agr. Trop. (Colombia)*, 16(8):503.
- Swingle, R.S. and L.B. Waymack, 1975, Digestibility of grain sorghum stover and whet straw supplemented with NPN. *J. Anim. Sci.*, 41:485.
- Tejada de H., I., 1980, Digestibilidad in situ e in vitro. Cap. IV en - "Manual de Técnicas de Investigación en Nutrición de Rumiantes" INIP-SARH.
- Uden, P., Parra, R. and Van Soest, P.J., 1974, Factors influencing the - reliability of the nylon bag technique. *J. Dairy Sci.*, 57:622 abst.
- Van Millen, R.W. and Ellis, W.C., 1977, Sample container porosities for rumen in situ studies. *J. Anim. Sci.*, 44:141.

" A N E X O S "

CUADRO No. 1. RESULTADOS PARA LOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD "In Situ", DE LA CASCARILLA DE CAFE TRATADA CON DIFERENTES NIVELES DE NaOH.

TIEMPO DE CONTACTO EN HORAS	TIEMPO DE INCUBACION EN RUMEN EN HORAS	CONCENTRACION NaOH, %			
		<u>0</u>	<u>4</u>	<u>8</u>	<u>12</u>
24	24	15.1	20.6	23.4	26.1
24	48	16.3	21.9	24.8	26.8
24	72	14.2	19.3	22.5	25.2
48	24	15.4	26.2	30.1	33.8
48	48	14.3	25.8	29.3	32.3
48	72	15.8	24.3	29.6	34.1
72	24	16.1	27.4	32.1	36.1
72	48	13.4	26.7	31.8	37.8
72	72	17.2	27.2	33.3	39.1

CUADRO 2. CUADRO DE ANALISIS DE VARIANCIA.

Causa de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada
Total	107	5768.1825	53.908	
A	3	4359.3534	1453.118	749.91 **
B	2	0.305	0.1225	0.08 NS
C	2	868.141	434.070	224.01 **
AXB	6	17.507	2.918	1.51 NS
AXC	6	317.377	52.896	27.29 **
BXC	4	50.291	12.573	6.488**
AXBXC	12	15.695	1.308	0.67 NS

\*\* ) (P < .01)

NS) No Significativo.

NIVEL A Concentración de NaOH son diferentes los tratamientos estadísticamente.

NIVEL B Tiempo de incubación, no influye en la Digestibilidad In Situ de la materia seca.

NIVEL C Tiempo de tratamiento, influye significativamente en la Digestibilidad In Situ de la materia seca.

AXB Interacción entre concentración de NaOH y tiempo de incubación es no significativa.

AXC Interacción entre concentración de NaOH y tiempo de tratamiento altamente significativa.

BXC Interacción entre tiempo de incubación y tiempo de tratamiento altamente significativa.

AXBXC Interacción entre concentración de NaOH, tiempo de incubación y tiempo de tratamiento no significativo.

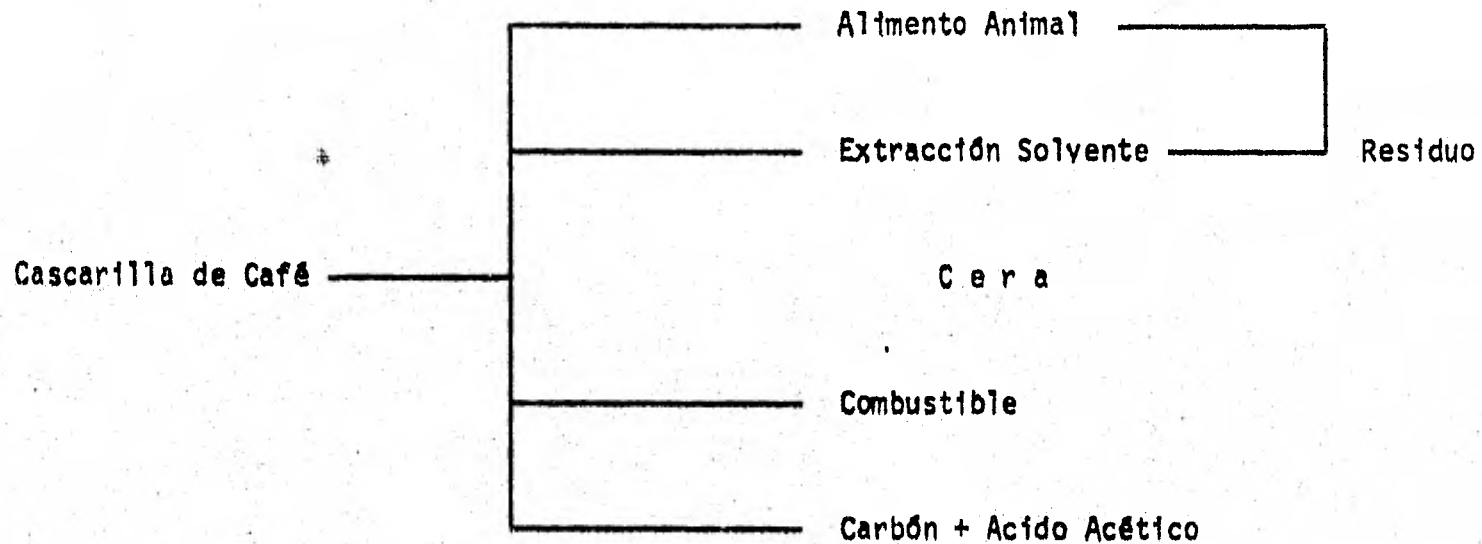
CUADRO 3. CUADRO DE ANALISIS DE VARIANCIA DE LA PENDIENTE.

Causa de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada
Total	35	1876.89		
Explicado	1	1377.80	1377.80	93.86 **
Residual	34	499.09	14.68	

\*\* ) (P < .01)

NS) No significativo.

POSIBLES USOS PARA LA CASCARILLA DE CAFE



Tomado de Usos Potenciales de Subproductos del grano de café. Ricardo Bressani, 1979.