

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



DIGESTIBILIDAD In Situ DE DOS VARIEDADES DE SORGO
ENTERO TRATADO CON HIDROXIDO DE SODIO (NaOH)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A

FELIPE DE JESUS GARZA MARTINEZ

MARIN, N. L.

JUNIO DE 1985

SB23
G374
C.1





1080062447

T
SB 235
9374



Biblioteca Central
Magna Solidaridad

040.633
FA 8
1985



Biblioteca Central
Magna Solidaridad
F. Tesis

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



DIGESTIBILIDAD In Situ DE DOS VARIETADES DE SORGO
ENTERO TRATADO CON HIDROXIDO DE SODIO (NaOH)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

PRESENTA

FELIPE DE JESUS GARZA MARTINEZ

MARIN, N. L.

JUNIO DE 1985

DIGESTIBILIDAD in Situ DE DOS VARIEDADES DE SORGO
ENTERO TRATADO CON HIDORXIDO DE SODIO (NaOH)

TESIS QUE PRESENTA, FELIPE DE JESUS GARZA MARTINEZ,
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

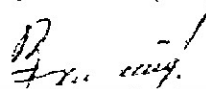
COMISION REVISORA

ASESOR PRINCIPAL:



ING. M.C. ERASMO GUTIERREZ ORNELAS

ASESOR AUXILIAR:



ING. M.C. RAMON TREVIÑO TREVIÑO

FECHA: JUNIO 19 DE 1985.

DEDICATORIAS

GRACIAS A DIOS:

A MIS PADRES:

SR. EMILIANO GARZA ONDARZA (+)

SRA. MELIDA MARTINEZ DE GARZA

Con mi más profundo cariño y eterno
agradecimiento por haberme apoyado
a lo largo de mi formación profesional.

A MIS HERMANOS:

SERGIO y MARIA DE JESUS

FERNANDO y RUBICELA

GUILLERMO

EMILIANO

Con el cariño de siempre

A MIS SOBRINOS:

SERGIO, FERNANDO y RUBICELA

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS.

AGRADECIMIENTOS

MI MAS SINCERO RESPETO Y AGRADECIMIENTO A MIS MAESTROS Y
ASESORES:

ING. M.C. ERASMO GUTIERREZ ORNELAS

ING. M.C. RAMON TREVIÑO TREVIÑO

Por sus consejos y apoyo en la realizacion de
esta tesis y por la amistad que me brindaron
a través de mi carrera.

AL PERSONAL DEL LABORATORIO DE BROMATOLOGIA DE LA FACULTAD
DE AGRONOMIA DE LA U.A.N.L.

Por su ayuda brindada.

AL PERSONAL DEL CAMPO ZOOTECNIA "MARIN"

A TODAS LAS PERSONAS QUE INTERVINIERON DE ALGUNA U OTRA MANE-
RA EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

A MIS MAESTROS, COMPAÑEROS Y AMIGOS.

I N D I C E

	PAGINA
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Usos del sorgo en la alimentación animal.....	4
2.2. Variedades de sorgo en México.....	7
2.3. Factores que afectan el valor nutritivo del grano de sorgo.....	8
2.3.1. Procesamiento del grano de sorgo entero.....	8
2.3.2. Variedades de sorgo.....	13
2.3.3. Composición química.....	14
2.4. Uso de la técnica de la bolsa de nylon pa ra determinar digestibilidad del grano de sorgo.....	15
2.5. Trabajos de granos tratados con NaOH.....	17
3. MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1. Análisis químico de dos variedades de sor go.....	21
3.2. Digestibilidad <u>in situ</u> de dos variedades de sorgo tratado con NaOH.....	22
3.2.1. Adaptación del animal.....	22

	PAGINA
3.2.2. Preparación de las soluciones.....	22
3.2.3. Remojado del grano.....	22
3.2.4. Preparación de las bolsas y criso- les.....	23
3.2.5. Introducción de las bolsas al ani- mal.....	23
3.2.6. Secado y pesado de las bolsas.....	23
3.3. Digestión en pepsina.....	23
3.4. Tratamientos y diseño experimental.....	24
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
6. RESUMEN.....	37
7. BIBLIOGRAFIA.....	39

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO		PAGINA
1	Análisis químico de dos variedades de <u>sor</u> <u>go</u>	26
2	Análisis de varianza para la prueba de <u>di</u> <u>gestibilidad in situ</u>	28
3	Digestibilidad <u>in situ</u> para el grano de sorgo tratado con tres niveles de NaOH con cuatro tiempos de remojado.....	28
4	Análisis de varianza para la prueba de <u>di</u> <u>gestibilidad con pepsina</u>	31
5	Porcentaje de digestión en pepsina después de la digestibilidad <u>in situ</u> * para el gra no de sorgo tratado con tres niveles de NaOH con 4 tiempos de remojado.....	32
FIGURA		
1	Efecto del hidróxido de sodio sobre la <u>di</u> <u>gestibilidad in situ</u> del grano de sorgo entero.....	33
2	Efecto del tiempo de remojado sobre la <u>di</u> <u>gestibilidad in situ</u> del grano de sorgo entero.....	34

1. INTRODUCCION

Uno de los principales problemas con los que se enfrentan ejidatarios y pequeños propietarios de nuestro país, es la alimentación de sus animales; estos proporcionan medios de transporte, alimentación, trabajo, etc. sin embargo, si se encuentran con una mala alimentación su utilización será deficiente.

Una alternativa con la que cuentan es sembrar una pequeña parte de sus parcelas con grano que podran almacenar y dar a sus animales durante todo el año, el grano de sorgo es una alternativa porque es un alimento con un alto valor nutritivo, con un contenido de proteína adecuado, sin embargo, un problema con este grano es que tiene una cutícula muy dura y cerosa y que si es proporcionado entero a los animales no lo utilizan adecuadamente, para el caso de los rumiantes, la cutícula impide la entrada de los microorganismos al grano y por lo tanto no hay una digestibilidad completa de éste.

Otro problema que se tiene es que este grano por ser muy pequeño no es masticado por completo y mucho del grano pasa al rumen sin ser triturado y por lo tanto no tendrá una buena digestibilidad.

Un modo sencillo que pudiera mejorar la digestibilidad

es con algun tratamiento al grano. Existen diferentes tratamientos como es el molido, triturado, copos al vapor, rolado, tratado con hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de amonio (NH_4OH). El tratado con NaOH es un método sencillo y económico que el ejidatario y pequeño propietario puede utilizar en caso de tener poca cantidad de grano de tal manera que no se justifique la adquisición de un molino.

Con el tratamiento químico, el objeto es facilitar la penetración de los microorganismos del rumen a la cutícula del grano de sorgo, para que de esta manera los propios microorganismos del rumen cumplan con su función de degradación y aumentando con esto la digestibilidad del grano del sorgo.

De acuerdo a lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron los siguientes:

1.- Medir el efecto de las diferentes concentraciones de hidróxido de sodio (NaOH) sobre la digestibilidad de dos variedades de grano de sorgo entero.

2.- Medir el efecto del tiempo de mojado (tiempo de reacción) con las diferentes concentraciones de hidróxido de sodio (NaOH) sobre la digestibilidad de las dos variedades de grano de sorgo entero.

3.- Determinar si existe diferencia en digestibilidad in situ entre dos variedades de sorgo.

4.- Cuantificar las posibles interacciones entre las variedades de sorgo y las concentraciones de NaOH y tiempo de mojado sobre la digestibilidad in situ de este grano.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Usos del sorgo en la alimentación animal.

Robles (1974) menciona que el cultivo del sorgo en México empezó a adquirir importancia aproximadamente en 1958 en la zona Norte de Tamaulipas (Río Bravo) al iniciarse el desplazamiento del cultivo del algodnero en aquella región. Con el transcurso de los años, este cultivo ha adquirido cada vez más importancia y se ha extendido prácticamente a todos los Estados de la República; alcanzándose en el ciclo 76-77 una superficie aproximada de 1'124,000 hectáreas en la República Mexicana. La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1981) mencionan que se sembraron en el país 1.5 millones de hectáreas con una producción de 4.8 millones de toneladas de grano de sorgo.

Sigue siendo la región del Norte de Tamaulipas una de las zonas donde se cultiva mayor superficie, teniéndose una estimación de 100,000 hectáreas en el ciclo primavera; otras regiones que han adquirido especial importancia por la superficie y los rendimientos logrados, son las de la zona del Bajío (principalmente Guanajuato) con 300,000 ha y las 150,000 ha las sigue en importancia Michoacán y Jalisco. Los rendimientos que se obtienen son muy variables, con un promedio nacional de aproximadamente 2.5 toneladas de grano por hectárea. Una de las zonas donde se alcanzan los mayores rendimientos es el Ba-

jío con 10 toneladas de grano por hectárea, el principal uso del grano de sorgo es como alimento para ganado y aves, dependiendo de la zona de abastecimiento. El contenido de proteínas de las variedades cultivadas en México, varía de 8.5 a 9.0% (Robles, 1974).

Morrison (1951) indica que el grano de sorgo es análogo, por su composición y valor nutritivo como al maíz, contiene aproximadamente 70% de extracto no nitrogenado, que en su mayor parte es almidón. El grano es pobre en fibra y rico en principios nutritivos totales. La mayor parte de las variedades poseen mayor riqueza en proteínas que el maíz, pero son mucho menos ricas que éste en grasa. Presenta las mismas deficiencias nutritivas que los demás granos; las proteínas no son de buena calidad, es pobre en calcio y carece de vitamina D. El grano de sorgo tiene casi la misma riqueza en vitaminas del complejo B que el maíz, pero contiene mucha más Niacina, en la que es casi tan rico como el trigo.

Con objeto de obtener la digestibilidad máxima, los granos de los cereales han de ser triturados para el ganado vacuno y molido para los cerdos, de lo contrario, tal vez pasen por el intestino sin ser atacados (Mc Donald et al., 1979). El sorgo se usa como alimento energético principalmente para engorda pero debe molerse antes de darlo a los bovinos.

Cunha (1966) menciona que en los cerdos, los sorgos dan lugar a un tocino de calidad igual a el producido por el maíz. Los sorgos deben de ser desgranados en lugar de darlos enteros. En la mayoría de los casos conviene moler el grano de sorgo, algunos sorgos no son tan apetitosos como otros, debido a la diferencia en la cantidad de taninos de la semilla y a veces son ligeramente menos apetitosos que el maíz; todos los sorgos de grano inclusive los de semilla amarilla son deficientes en caroteno.

Heuser (1955) menciona que el grano es de un tamaño satisfactorio con tegumentos ligeros, buen color y relativamente blando y apetecible. El sorgo puede usarse con ventajas para la alimentación de las aves, cuando se usa el sorgo Kafir, es conveniente recurrir al grupo de granos ligeros, redondos, amarillos o blancos, pues contienen estos muy pocos taninos, en tanto que este abunda en los granos más oscuros. Se ha concluído que el grano de sorgo no debería formar más de 15 a 25% de la ración para pollos, pues cuando se proporcionan dosis mayores retardan el crecimiento y aumentan la mortalidad.

En una serie de 6 pruebas llevadas a cabo en Arizona con un total de 374 novillos, Halt (1962, citado por Preston et al., 1974) encontró que en todos los casos la conversión fue mejor con cebada que con sorgo y que, salvo en una prueba, la ganan-

cia en peso vivo también fue superior. La proporción de cereal en la dieta fluctuó desde 49 a 55% y el promedio total de ganancia diaria era 1.19 y 1.24 Kg con una conversión alimenticia de 8.74 y 8.00 para el sorgo y cebada, respectivamente.

2.2. Variedades de sorgo en México.

Milton (1965) menciona que antiguamente los sorgos se clasifican en grupos de variedades relativamente distintas, figuran entre las más importantes los llamados Milo, Kafir, Feterita; muchas variedades nuevas se han originado por hibridación entre dichos grupos.

En México existen muchas variedades de sorgo para ganado que pueden ser cultivadas y con buenos rendimientos para el productor. La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1980) a través de la Dirección General de Producción y Extensión Agrícola, determinó para el Estado de Nuevo León las siguientes variedades de Sorghum bicolor.

Pionner 828	Oro
Accor 1090	Rico
Funes G 522	Accor 1029
Master Gold	Pionner 846
Master 911	Master 950
Dekalb	Dorado

Wac 692

Dekalb OD 50

Wac 694

Dekalb V 44 B

NK 227

NK 225

NK 125

Las principales variedades de éstas que se siembran en el Estado son: Oro, Rico, NK 225 y Dekalb.

2.3. Factores que afectan el valor nutritivo del grano de sorgo.

Como se ha mencionado, el sorgo es un grano con un alto valor nutritivo, pero se tiene problemas con su digestibilidad ya que el grano de sorgo posee un endospermo duro y denso y una cubierta cerca que impide relativamente la fermentación bacteriana en el rumen (Church, 1974).

2.3.1. Procesamiento del grano de sorgo entero.

Morrison (1951) menciona que cuando se trata de granos y semillas sólo es económico molerlos, triturarlos o remojarlos si han de suministrarse a animales que no pueden masticarlos debidamente. Las semillas que escapan a la masticación pueden atravesar el tubo digestivo sin digestión apreciable y esto significa pérdida de principios nutritivos. Experimentos realizados en Kansas, han mostrado que cuando se suministra grano entero de sorgo a las vacas, una mitad o más de las semillas

pasan el aparato digestivo sin haber sido masticadas y por lo tanto sin digerir.

Preston et al. (1974) mencionan que hay opiniones de que al moler muy fino el sorgo se mejora el comportamiento, pero en dietas altas en concentrados, ésta práctica no es conveniente ya que al perderse las propiedades forrajeras de la cáscara del grano, aumenta la susceptibilidad al timpanismo y a otros trastornos digestivos.

Wall et al. (1975) indican que desde hace tiempo se sabe que los granos de sorgo deben procesarse antes de ser incorporados a las raciones; aparentemente, cuando los animales consumen granos enteros los mastican solo lo necesario para que se produzca la suficiente insalivación que permite deglutirlos y en las heces aparece una gran cantidad de estos granos. Los diversos métodos de procesamiento de los granos de sorgo para suministrarlos a los rumiantes son:

- Molido.
- Aplastado en seco.
- Remojado.
- Granulado (pellets).
- Aplastado al vapor
- Copos elaborados al vapor

- Copos cocidos a presión.
- Reconstituído

A continuación se mencionan solo generalidades de cada proceso para más información revisar los artículos de Wall et al. (1975).

Molido:

Es el método más sencillo y económico para preparar el grano de sorgo destinado a la alimentación de bovinos. Puede ser un molido muy fino o bien grueso, según la malla de las cribas y el tipo de molido que se use.

Aplastado en seco:

Este sistema de elaboración consiste en pasar el grano por una trituradora de cilindros. Según la velocidad del pasaje y la separación establecida entre los cilindros, el grano puede triturarse hasta semejarse al grano molido, o romperse en pocos pedazos.

Comprimido (pellets):

El grano de sorgo, ya molido, puede prepararse en forma de comprimido o granulados para impedir los problemas originados por el polvo; podrían incluirse en el comprimido alimentos fibrosos, proteínas y minerales de la ración.

Aplastado con vapor:

En los últimos años se han insistido en la conveniencia de pasar por vapor el grano de sorgo antes de tritararlo. En general, el procedimiento consiste en someter al grano al vapor vivo durante períodos de distinta duración.

Copos cocidos a presión:

Otro método utilizado para aplicar calor húmedo al grano de sorgo es el de una máquina de cocción continua a presión.

Reconstituido .

En este proceso, el grano de sorgo almacenado de reconstituye hasta tener entre el 25 y 30% de humedad, y se almacena en una unidad hermética durante aproximadamente 21 días antes de suministrarlo a los animales. Luego de retirarlo de ese depósito, el grano debe ser aplastado o molido.

Remojado:

Durante muchos años ha constituido una práctica común para ciertos ganaderos dedicados al engorde, remojar el grano en agua durante 12 a 24 horas antes de aplastarlo o molerlo para incorporarlo a las raciones. Este procedimiento ablanda el endospermo y la cubierta cerosa, y como resultado el alimento es mas palatable y el animal generalmente lo consume en mayor cantidad; y por consiguiente, aumenta más de peso.

Ely y Duitsman (1967, citados por Wall et al., 1975) indican que no encontraron ventajas en la engorda de ganado suministrando grano de sorgo remojado en agua, comparado con el grano aplastado en seco. Un estudio de digestión demostró cierta mejora en el porcentaje de nutrientes digestibles totales (N.D.T.) con el grano de sorgo remojado antes de su trituración (Husted, 1968; citado por Wall et al., 1975)

Church (1974) indica que el sorgo deberá ser tratado obligatoriamente, ya que el ganado lo masticará muy poco antes de tragarlo. En apariencia, cuando el vacuno ingiere granos de cereales en su forma original los mastica para ensalivarlos tan solo lo suficiente para poder tragarlos. Estudios efectuados con grano entero de sorgo colocado en bolsas de nylon, fue introducido en el rumen, han demostrado que no eran digeridos los granos manteniéndolos durante una semana en el interior del rumen.

Diversos estudios han probado que no es económico moler el grano de sorgo destinado a las ovejas. Las inflorescencias sin trillar tiene según se ha probado, el mismo valor nutritivo que el grano trillado, teniendo en cuenta la cantidad real de grano contenido en aquellas y han determinado aumentos de peso igualmente rápidos en los corderos de engorda (Morrison, 1951).

2.3.2. Variedades de sorgo.

En uno de los estudios realizados por Wall et al., (1975) compararon un sorgo Feterita (Tx - 09) de grano menos denso y más amiláceos, con una variedad de endospermo ceroso (Texioca-54) y como testigo se utilizó un híbrido convencional (RS-610). Los aumentos de peso con Texioca-54 y RS-610 fueron similares; no obstante, los animales requirieron casi 10% menos de Texioca-54, esto se puede deber a diferencias en el tipo de almidón que contenían esas dos variedades. Los aumentos de peso del ganado alimentado con Tx-09 fueron menores, pero la cantidad requerida fue similar a la del grupo testigo; también encontraron que las variedades de color oscuro suelen ser menos digestibles que las de color más claro.

Morrison (1951) realizó tres experimentos con terneras de engorda, los aumentos de peso vivo combinados de las terneras y de los cerdos que le siguieron, fueron tan grandes cuando se proporcionó Milo entero a dichos animales como cuando se les suministró el mismo grano molido. Este hecho pudo deberse a que las semillas del Milo son un poco más grandes que las de algunos otros sorgos.

En la estación agropecuaria de Arizona, se compararon 3 híbridos de sorgo granífero en un estudio de digestibilidad (Saba y Hale, 1968, citados por Wall et al., 1975). Se comparó

una mezcla de Amak R 10 y R 12 con Funk 766 y Funk 3758. La digestibilidad de la materia seca fue menor para la mezcla de Amok R 10 - R 12 y mayor para la Funk 3758. El total de nutrientes digestibles (T.N.D.) fue de 83.7% para la Funk 3758, mientras que para la mezcla de Amok R 10 - R 12 fue de 77.3%; la Funk 766 produjo cifras intermedias.

2.3.3. Composición química.

McLeod (1974) revisó el efecto de los taninos en el animal así como su efecto en la calidad de los forrajes. Los taninos son complejos de polimeros fenólicos los cuales varían en su estructura química y actividad biológica. Dos grupos de taninos se han reportado, aquellos susceptibles a ser hidrolizados como las que se encuentran en los frutos de las leguminosas y los taninos condensados que se encuentran en forrajes, los primeros pueden ser digeridos por los animales no así los taninos condensados.

Se han hecho numerosos experimentos para observar el efecto de los taninos en las diferentes especies animales. Los efectos más negativos se han detectado en monogástricos, como el caso de las aves que disminuyen sus incrementos de peso y la producción de huevo puede verse disminuída significativamente.

Para el caso de los rumiantes, McLeod (1974) no reportó los efectos de los taninos contenidos en los granos de sorgo, sin embargo, menciona que taninos de otros alimentos pueden modificar drásticamente la digestibilidad de la proteína, incluso puede modificar el desarrollo microbiano ya que los taninos afectan las paredes celulares de las bacterias. En general, el grado de intoxicación depende del tipo de taninos, pero los efectos más notables están relacionados con un descenso en el consumo voluntario y una reducción en la digestibilidad de la proteína (hasta un 28% menos), incluso puede bloquear la digestión de la celulosa.

El porcentaje de proteína suele variar en los sorgos desde un 9 a un 12%; de tal manera que aquellos sorgos con mayor porcentaje de proteína deberían contener menor cantidad de energía metabolizable que aquellos con menor porcentaje de proteína (Maynard et al., 1981). Sin embargo, el bajo porcentaje de proteína implica incrementar en las raciones las proporciones de ingredientes protéicos como la harinolina, harina de soya, etc., pudiendo esto afectar el costo total de la ración.

2.4. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para determinar digestibilidad del grano de sorgo.

La técnica de digestibilidad in situ o bolsa nylon provee

una manera útil para evaluar la tasa de degradación y el potencial para la degradabilidad de los alimentos y los suplementos. La técnica puede usarse en situaciones de campo para evaluar la digestibilidad del forraje consumido por animales en pastoreo. Las fuentes principales de variación asociadas con la medición de degradabilidad son entre dietas y entre animales; las variaciones entre animales puede reducirse suficientemente al replicarse las mediciones en por lo menos tres animales. Siempre que las muestras son homogéneas, el modo de preparación del material dietético fibroso tiene poco efecto sobre la degradabilidad, sin embargo, la degradabilidad de los granos y las tortas protéicas se incrementan progresivamente a medida que se reduce el tamaño de la partícula. El tamaño de la bolsa, la porosidad de la tela y el método de lavado fácilmente puede estandarizarse y son comparativamente de poca importancia (Kempton, 1980). La técnica puede ser muy útil si se quiere determinar la degradación que sufre el grano entero ya que al colocar muestras de alimento, pero de tamaño de partícula muy grande, no existe problema de que la desaparición de la muestra que está en la bolsa se deba a simple solubilización, es decir, para que desaparezca material de la bolsa realmente debe existir digestión.

2.5. Trabajos de granos tratados con NaOH.

Berger et al. (1981) llevaron a cabo tres experimentos para determinar el efecto del tratamiento con alcalí sobre la digestión ruminal del maíz, sorgo de grano, avena, cebada, trigo. Los resultados para cada experimento fueron los siguientes. En la primera prueba se utilizaron NaOH y NH_4OH a concentraciones de 3 y 6% para cada uno de ellos; se observó una respuesta positiva para los tratamientos químicos al compararlos en cuanto a su digestibilidad in situ con sorgo sin tratar, por otro lado, el hidróxido de sodio dio mejores resultados que el hidróxido de amonio produciendo un 10% más de digestibilidad in situ cuando se trató el grano con un 6% de producto químico.

En la segunda prueba se comparó el efecto de diferentes niveles de hidróxido de sodio (NaOH) contra la digestibilidad in situ de sorgo de grano molido, para el caso del sorgo a medida que se incrementó el nivel de NaOH la digestibilidad in situ también sufrió aumentos significativos y para el caso del tratamiento del 6% de NaOH su digestibilidad in situ (62.6%) fue el que más se aproximó a la digestibilidad in situ del grano de sorgo molido. Resultados similares fueron encontrados cuando se trató con NaOH a otros granos de cereales, incluso para el caso de la cebada se encontraron valores de digestibilidad in situ mayores (94.9%) que la cebada molido (91.0%).

En la tercera prueba se evaluó la digestibilidad in situ

del grano de maíz tratado con NaOH haciéndolo reaccionar por 1, 12, 24 y 48 horas, se observó que si no se trataba con NaOH la digestibilidad in situ no se verá alterada a medida que se aumentaba el tiempo de reacción o por otro lado, al tratar con NaOH se incrementó significativamente la digestibilidad siendo el mejor tiempo de reacción a 48 horas.

Anderson et al. (1981) llevaron a cabo dos experimentos para determinar los efectos de alimentar novillos con maíz tratado con alkalis, observándose sus características ruminales así como su comportamiento productivo. Los resultados para cada experimento fueron los siguientes: al observar las características ruminales, los animales consumiendo grano tratado con NaOH presentaron los valores de digestibilidad más altos (88.7%) además los valores del pH también fueron mayores para este tratamiento al compararlo con aquellos granos tratados con NH_4OH o que fueron rolados. En lo que se refiere a ácidos grasos volátiles al alimentar con grano tratado con hidróxido de sodio, se produjeron las mayores proporciones de ácido butírico después de 24 horas de haber suministrado el grano.

En ese sentido, Orskov (1979) menciona que para el caso de cebada y avena cuando se trata con NaOH se aumenta la concentración de ac. acético y butírico y se disminuye la proporción de ácido propiónico.

En la prueba de comportamiento animal realizada por Anderson et al., (1981) se utilizaron 18 novillos con un peso inicial de aproximadamente 340 Kg de peso vivo, aquellos que se alimentaron con grano tratado con NaOH tuvieron menores ganancias de peso (0.93 Kg/día) que aquellos que se alimentaron con grano de maíz rolado (1.14 Kg/día), además requirieron de más kilogramos de alimento consumido por kilogramo de peso aumentado.

Orskov (1978) menciona que el grano de cebada tratado con 3.5% de NaOH tiene digestibilidades iguales que cuando este grano se somete a un tratamiento de rolado.

Orskov (1979) determinó que al utilizar una técnica de tratamiento con hidróxido de sodio para granos se debe de considerar lo siguiente:

a) Concentración requerida:

Como pudiera esperarse, el hidróxido de sodio (NaOH) requerido para llevar a cabo una óptima digestibilidad, varía con el tipo de grano usado, cerca de 3 - 3.5% por peso es requerido para la cebada; 4 - 4.5% por peso para avena y cerca de 2.5% para trigo.

b) Método de aplicación:

Hay varios métodos, los cuales pueden ser usados para

aplicar la solución de NaOH al grano en la mayoría de los experimentos llevados a cabo en la Rowett Research Institute, el NaOH fue aplicado a la cantidad de grano mezclado por una mezcladora de alimentos Oswalt, también puede ser aplicado en un proceso continuo como algo similar a un spray para aplicación de ácido propiónico, aunque no con el mismo equipo. Este método es muy rápido y puede ser preferido.

c) Tiempo de almacenamiento del grano tratado:

Se estimó que de 3 - 5 días todavía existe NaOH residual, por lo que se puede recomendar el grano tratado hasta después de una semana. Esto siempre y cuando el contenido de humedad no sea alto.

3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en la carretera Zuazua-Marín, Km. 17 en el Municipio de Marín, N.L. Para las pruebas de digestibilidad in situ se utilizó un bovino fistulado propiedad del Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Se realizó el experimento en tres etapas, las cuales fueron: Análisis químico de dos variedades de sorgo, digestibilidad in situ de grano de sorgo tratado con NaOH y digestión con pepsina y ácido clorhídrico después de la digestibilidad in situ. De acuerdo a lo anterior los materiales y metodología usados para cada etapa fueron los que a continuación se mencionan.

3.1. Análisis químico de dos variedades de sorgo:

Se realizó un análisis bromatológico a las dos variedades de sorgo (Les 9 R y Les 40 R) para saber sus propiedades químicas nutritivas. Para esto se hizo mediante el análisis proximal (Harris, 1970).

3.2. Digestibilidad in situ de dos variedades de sorgo tratado con NaOH.

3.2.1. Adaptación del animal:

El animal fue sometido a un período de adaptación de tres días, donde se le suministró paca de sorgo con una suplementación de alimento concentrado para ganado lechero con un -- porcentaje de proteína de 17% y con un 65% de grano de sorgo producido por la F.A.U.A.N.L. y avena fresca que se dejó de dar cuando se empezó la introducción de las bolsas.

3.2.2. Preparación de las soluciones:

Se pusieron 10 gr. de materia seca de grano de sorgo en un tubo de ensaye donde se puso agua hasta que se saturó la muestra (5 ml) después se sacó la cantidad de sosa caustica (98% NaOH) que se debería de poner para llegar a la concentración de hidróxido de sodio (NaOH) que debería llevar cada tubo. Las concentraciones fueron 0, 3 y 6% de NaOH. (g NaOH/100 gr MS)

3.2.3. Remojado del grano:

Ya que se tuvieron las concentraciones preparadas, se puso a remojar el grano, se utilizaron 24 tubos de ensayo donde se puso la cantidad de materia seca antes mencionada, se utilizaron la mitad de los tubos para la variedad (Les 9 R) y la otra mitad para la otra variedad (Les 40 R). Se emplearon

3 tubos de cada variedad para cada tiempo de mojado (4, 8, 12, y 16 horas) y cada uno de estos con concentración diferente.

3.2.4. Preparación de las bolsas y crisoles:

Después de que se cumplieron las horas requeridas para el remojado del grano, se pesaron aproximadamente 5 gr para cada bolsa y crisol, donde los crisoles pasaron a la estufa de 100°C donde estuvieron durante 24 horas para determinar la cantidad de materia seca que se puso en la bolsa, y las bolsas de nylon pasaron al animal fistulado para la digestibilidad in situ.

3.2.5. Introducción de las bolsas al animal.

Después de que las 24 bolsas estuvieron identificadas y con aproximadamente 5 gr de grano, se procedió a introducir las bolsas al animal y permanecieron dentro del rumen durante 48 horas para después sacarlas y pasarlas al lavado.

3.2.6. Secado y pesado de las bolsas.

Ya que quedaron bien lavadas y que no soltaron nada de residuos, pasan a la estufa de 55°C y se quedaron ahí durante 24 horas para después ser pesadas y sacar el porcentaje de digestibilidad in situ.

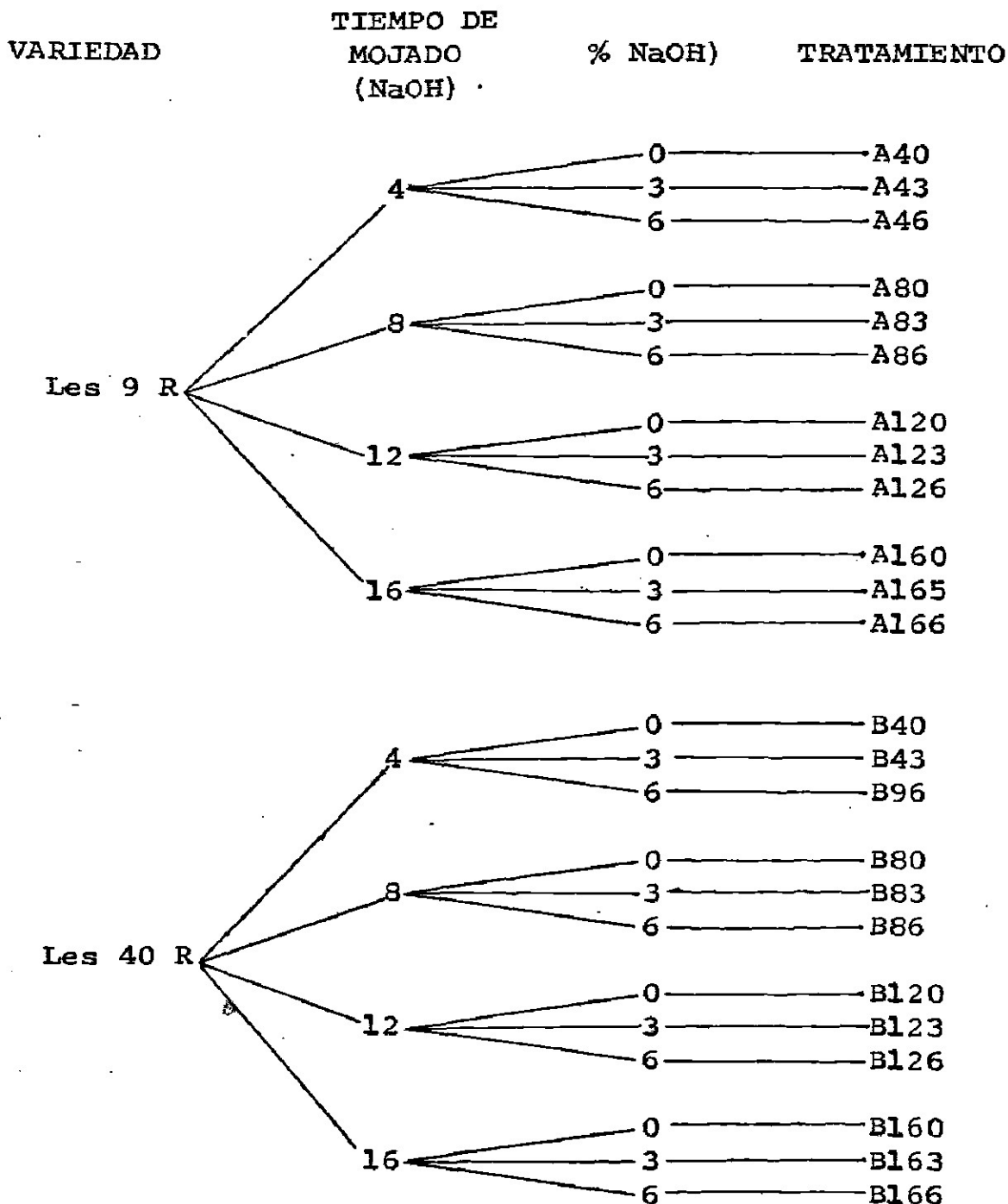
3.3. Digestión en pepsina.

Después de haber determinado la digestibilidad in situ, se pusieron a remojar las bolsas que correspondían a las dos

últimas repeticiones; o sea, 48 bolsas. Estas estuvieron en baño María a una temperatura de 45°C durante 48 horas en un vaso de precipitado con una concentración de 10% de pepsina y una solución de ácido clorhídrico al 20% y se midió el porcentaje de desaparición de materia seca del residuo de la digestibilidad in situ.

3.4. Tratamientos y diseño experimental.

El diseño experimental que se empleó fue el de bloques completamente al azar con arreglo factorial 2 x 3 x 4, donde se probaron dos variedades de sorgo que fueron la Les 9R que corresponde al sorgo blanco y la Les 40R que corresponde al sorgo rojo. El número tres corresponde a las concentraciones de hidróxido de sodio (NaOH) y que son 0, 3 y 6 gr de NaOH por 100 gr de materia seca de grano y el número cuatro que corresponde a los tiempos de mojado como son 4, 8, 12 y 16 horas de remojo el sorgo con la solución de NaOH, con esto se generan 24 tratamientos que fueron:



Después de realizar los análisis de varianza correspondientes, las medias de digestibilidad in situ y digestión con pepsina para los diferentes tratamientos, se compararon por el método de Tukey (Steel y Torrie, 1960).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Considerando que en el presente estudio se dividió en 3 etapas, a continuación se presentan los resultados para cada una de ellas.

4.1. Análisis químico de dos variedades de sorgo.

Después de realizar los análisis químicos para las variedades de sorgo Les 9R y Les 40 R, se encontraron los resultados que se muestran en el Cuadro 1, donde se observa que ambas variedades contienen muy similares concentraciones de nutrientes; indicando esto que la variedad del grano es un factor que no está correlacionado con la concentración de nutrientes del mismo, y que tal vez la diferencia en la concentración de nutrientes se deba a factores ambientales (suelo, fertilización, etc).

CUADRO 1. Análisis químico de dos variedades de sorgo.

VARIEDAD	% NUTRIENTES EN BASE SECA					
	Ceniza	Ca	Proteína	Extracto etéreo	Fibra cruda	Extracto libre de Nitrógeno
Les 9 R	1.85	0.116	11.71	2.37	85.86	80.72
Les 40 R	1.80	0.09	11.56	2.51	85.43	80.82

4.2. Digestibilidad in situ de dos variedades de sorgo tratado con NaOH.

Al realizar el análisis estadístico del diseño bloques al azar con arreglo factorial $2 \times 3 \times 4$ (2 variedades de sorgo, 3 concentraciones de NaOH y 4 tiempos de mojado), se encontraron efectos altamente significativos ($P < 0.01$) para el nivel de NaOH y para el tiempo de mojado como se observa en el Cuadro 2. Sin embargo, no se encontró efecto para la fuente de variación variedad, ni para ninguna de las interacciones generadas. Es importante señalar que los efectos no detectados pudieron ser debidos al alto coeficiente de variación del experimento (C.V. 51.58%), de tal manera en experimentos de este tipo debería de cuidarse las fuentes de variación relacionadas con la técnica de digestibilidad in situ.

Como se observa en el Cuadro 2, las variedades de sorgo fueron iguales en cuanto a digestibilidad in situ ya que no existió efecto significativo ($P > 0.05$) para esta fuente de variación siendo la digestibilidad in situ para la variedad Les 9 R (blanco) de 19.18%, mientras que para la variedad Les 40 R (rojo) de 19.63%. En lo que se refiere a la digestibilidad in situ, debido al efecto del NaOH y tiempo de mojado, en el Cuadro 3 se observan los valores de digestibilidad para cada fuente de variación.

CUADRO 2. Análisis de varianza para la prueba de digestibilidad in situ.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	F: TEORICA	
					0.01	0.05
Variedad	1	3.698	3.698	1 NS	4.05	7.21
NaOH	2	27036.702	13518.351	131.7135**	3.20	5.10
Tiempo	3	1308.472	460.157	4.4834**	2.81	4.24
V x NaOH	2	25.403	12.7015	1 NS	3.20	5.10
V x T	3	382.307	127.435	1.241639NS	2.81	4.24
NaOH x T	6	761.643	126.7405	1.2368NS	2.30	3.22
V x NaOH x T	6	906.973	151.16216	1.4728NS	2.30	3.22
Bloque	2	1963.175	981.5875	9.5639**	3.20	5.10
Error	46	4721.187	102.6345			
Total	71	37181.560				

N.S. Efecto No Significativo ($P > 0.05$)

** Efecto altamente significativo ($P < 0.01$)

CUADRO 3. Digestibilidad in situ para el grano de sorgo tratado con tres niveles de NaOH con cuatro tiempos de remojado.

Niveles de NaOH (%)	TIEMPO DE REMOJADO (Hrs.)				PROMEDIO
	4	8	12	16	
0	- 4.64	- 7.81	- 3.56	- 1.95	- 4.49 a
3	12.24	17.79	22.51	26.38	19.73 b
6	31.53	47.22	41.48	51.67	42.98 c
Promedio	13.04 b	19.07 ab	20.15 ab	25.37 a	

a,b,c, Medias con distinta letra en la misma columna o la misma hilera son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

El hidróxido de sodio influyó positivamente en la digestibilidad in situ notándose claramente que a medida que aumentaba la concentración de NaOH aumentaba la digestibilidad (Cuadro 3 y Figura 1), es importante señalar que cuando no se aplicaba NaOH aparentemente existía una digestibilidad negativa, situación que no es posible, sin embargo, hay que considerar que en la técnica de digestibilidad in situ existe la posibilidad de que penetre material a la bolsa y en este caso se encontró más material que el que originalmente se colocó en la bolsa. Cuando se trató con 3 ó 6% de NaOH, se observaron notables incrementos en la digestibilidad teniéndose el máximo valor con el 6% de NaOH (42.98%) aunque se encontraron valores arriba del 50% con dicho nivel de NaOH, pero después de remojarlo 16 horas, aún un valor de 50% de digestibilidad del grano de sorgo puede considerarse bajo, sin embargo, se debe de considerar que son valores de digestión a nivel ruminal y que es de esperarse que en el resto del tracto gastrointestinal la digestibilidad del grano tratado con NaOH sea mayor.

En lo que se refiere al tiempo de remojado, también existió efecto positivo como se puede observar en el Cuadro 3 y la Figura 2, sin embargo, la digestibilidad in situ fue igual cuando se remojava por 4, 8 y 12 horas, siendo diferente úni-

camente en cuanto a digestibilidad cuando se remojaban con 4 y 16 horas, en este aspecto se observó que se incrementaba casi en un 100% al remojar el grano de sorgo por 16 horas comparativamente si se remoja 4 horas, efectos similares fueron encontrados para diferentes cereales por Berger et al. (1981).

4.3. Digestión en pepsina.

Una vez realizada la digestión in situ, las bolsas se sumergieron en una solución con pepsina y nuevamente se determinó la digestión, de tal manera que en esta sección al referirnos a digestión con pepsina significa el porcentaje de materia seca desaparecida durante la digestión ruminal y enzimática.

Al determinar la digestión con pepsina se encontró que existieron efectos significativos para el efecto nivel de NaOH y tiempo de remojado del grano (Cuadro 4) y se observan resultados muy similares que en la digestión in situ. En el cuadro 5 se colocan los promedios de digestión en pepsina para grano de sorgo tratado con NaOH y diferentes tiempos. Cuando no se trató con NaOH la digestibilidad en pepsina fue de 18.66%, este valor indica aproximadamente la cantidad de materia seca que es digerido con pepsina ya que como se indicó en el Cuadro 3, este tratamiento tuvo una digestibilidad que se puede considerar como cero. Es importante señalar que tal vez si se hubiera utilizado una enzima específica (amilasa) para carbo-

hidratos, la digestibilidad del grano podría ser mayor. Ya que el grano contiene carbohidratos.

Aquellos tratamientos que fueron tratados con NaOH tuvieron las digestibilidades mayores, siendo la más alta digestibilidad cuando se trataron con el 6% de NaOH.

Para el caso del tiempo de remojado, las más altas digestiones se alcanzaron a 8, 12 y 16 horas, encontrándose diferencias o únicamente en cuanto a tiempo de remojado en los granos tratados por 4 horas comparados con los granos tratados por 16 horas.

CUADRO 4. Análisis de varianza para la prueba de digestibilidad con pepsina.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	F. Teórica	
					0.01	0.05
Tratamiento	23	17816.7	774.64	8.15**	2.00	2.70
V	1	21.813	21.813	0.229 NS		
T	3	1323.53	441.1766	4.64*	3.03	4.76
H	2	15258.43	7629.215	80.27**	3.42	5.66
VT	3	165.317	55.105	0.579 NS	3.03	4.76
VH	2	31.227	15.6135	0.164 NS	3.42	5.66
TH	6	756.03	126.005	1.32 NS	2.53	3.71
VIH	6	260.353	43.392	0.456 NS	2.53	3.71
Bloques	1	1895.05	1895.05	19.94*	4.28	7.88
Error	23	2186.07	95.04			
Total	47	21897.82				

* = Efecto significativo ($P < 0.05$)

** = Efecto altamente significativo ($P < 0.01$)

NS = Efecto no significativo ($P > 0.05$)

CUADRO 5. Porcentaje de digestión en pepsina después de la digestibilidad in situ* para el grano de sorgo tratado con tres niveles de NaOH con 4 tiempos de remojo.

Nivel de NaOH	HORAS DE REMOJADO				PROMEDIO
	4	8	12	16	
0	18.56	17.90	16.96	21.22	18.66 c
3	37.84	44.08	47.02	57.48	46.60 b
6	46.72	66.93	64.43	68.71	61.69 a
Promedios	34.37 b	42.97ab	42.80ab	49.14a	

* En la digestión con pepsina va incluido la digestibilidad in situ.

a, b, Medias en la misma hilera o columna con distinta letra son diferentes ($P \leq 0.05$).

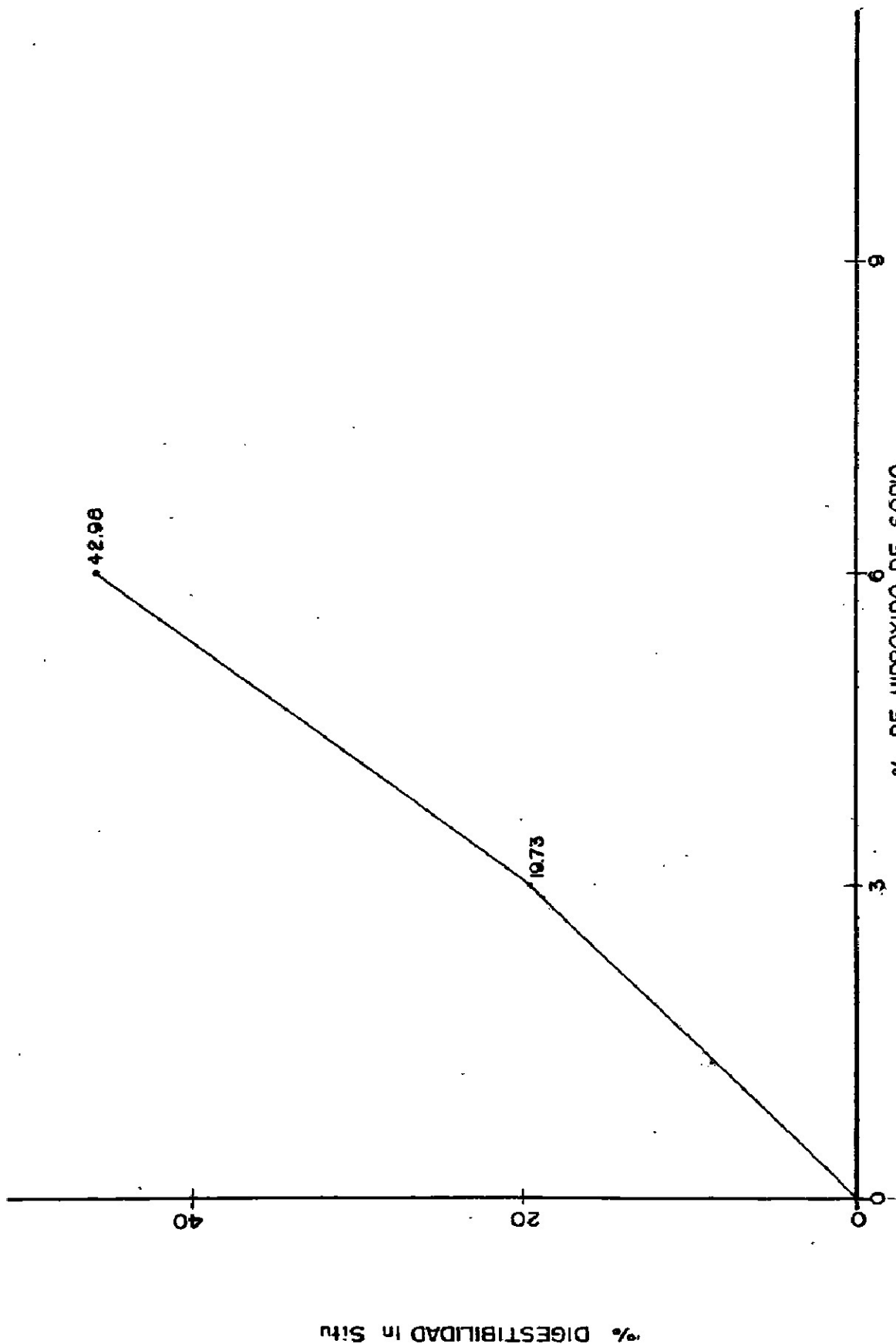


Fig. 1: Efecto del Hidróxido de Sodio sobre la digestibilidad In Situ del grano de sorgo entero.

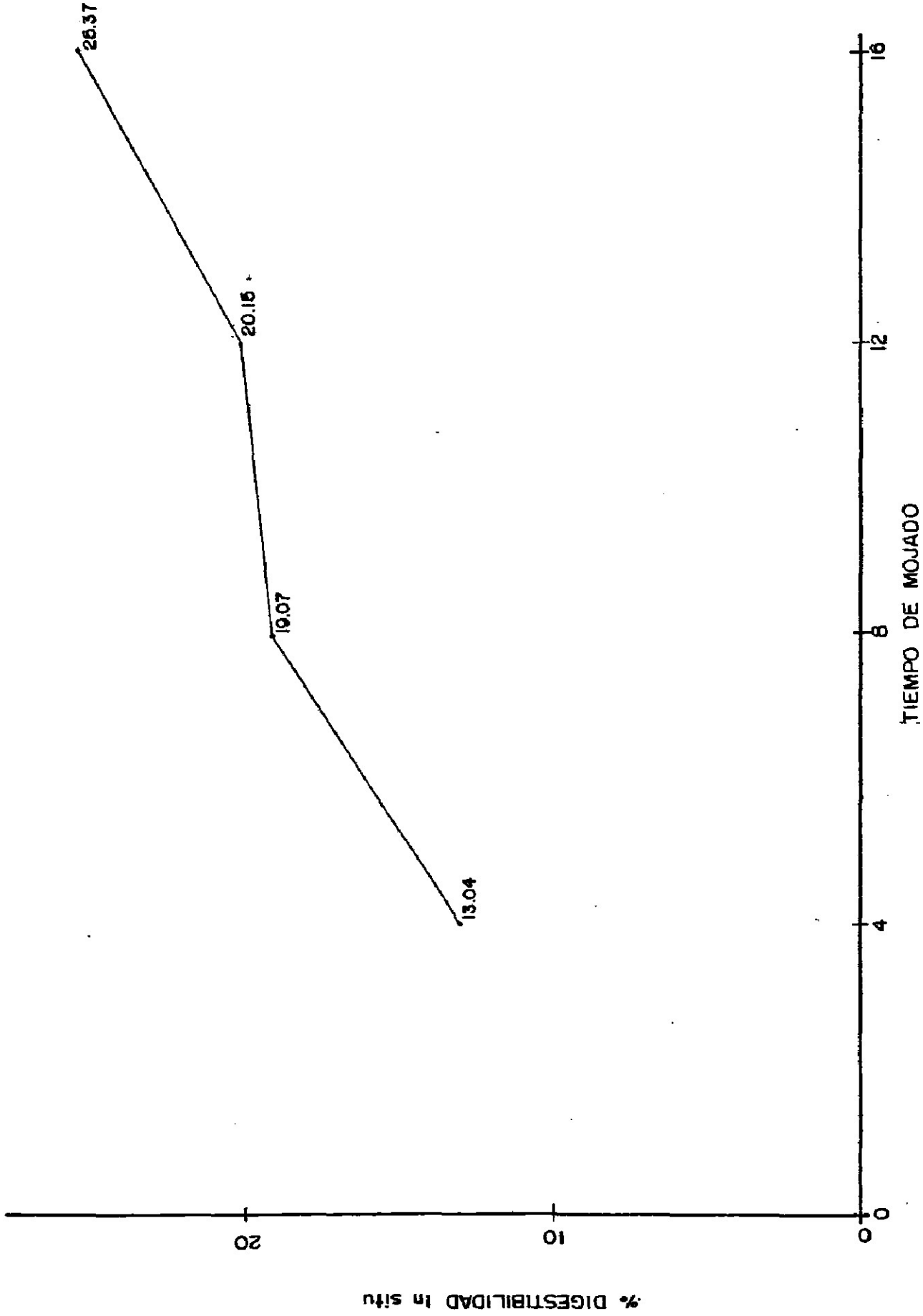


Fig. 2.- Efecto del tiempo de remojado sobre la digestibilidad in situ del grano de sorgo entero.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos de la digestibilidad in situ y de la digestibilidad con la pepsina, se puede concluir lo siguiente:

1.- En cuanto a las dos variedades se probó que tenían el mismo promedio de digestibilidad.

2.- En cuanto al tratamiento con hidróxido de sodio se concluyó que cada vez que se aumentaba la concentración de NaOH los promedios de digestibilidad aumentaban, obteniéndose los más altos promedios con 6% de NaOH.

3.- En lo que se refiere al tiempo de remojado, también se concluyó que aumentando el tiempo de remojado del grano los promedios de digestibilidad fueron en aumento obteniéndose mayores promedios cuando se remojó el grano durante 16 horas.

4.- En lo que se refiere a la digestibilidad con pepsina, se obtuvieron aumentos similares cuando se trató el grano durante 48 horas con la solución con pepsina y aumentando con esto la digestibilidad del grano en un 18.66%.

Se recomienda seguir realizando trabajos similares, para lo cual se hacen las siguientes recomendaciones.

1.- Se recomienda utilizar un número mayor de animales para disminuir el coeficiente de variación y así disminuir el error experimental.

2.- Probar algunas otras variedades de sorgo de grano para ver si cambian los promedios de digestibilidad.

3.- Aumentar la concentración de hidróxido de sodio para ver si aumenta el promedio de digestibilidad.

4.- Realizar pruebas con animales, midiendo digestibilidad in vivo, aumento de peso, ver si el sorgo con el NaOH es palatable, etc.

6. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Campo de Zootecnia y Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en la carretera Zuazua-Marín, Km. 17 en el Municipio de Marín, N.L.

Los objetivos de este trabajo fueron medir el efecto del tratamiento químico con las diferentes concentraciones de NaOH sobre la digestibilidad in situ de las dos variedades de sorgo de grano entero y ver el mejor tiempo de remojado con el cual se obtiene la mayor digestibilidad.

Además se realizó un análisis bromatológico para determinar la cantidad de nutrientes que contenían las variedades de sorgo que fueron Les 9 R y Les 40 R.

El trabajo consistió en remojar las dos variedades de sorgo con las tres diferentes concentraciones de NaOH y a cuatro tiempos diferentes de mojado (4, 8, 12 y 16 horas) con lo que se generaron 24 tratamientos que fueron introducidos en cánu-la ruminal durante 48 horas y sacados para después ser lavados y calcular la cantidad de materia seca para determinar la di-gestibilidad in situ.

Posterior a la digestibilidad in situ se hizo una digestión con pepsina y HCl para estimar la cantidad de materia seca que se digiere después de pasar por el rumen.

En el análisis bromatológico se demostró que las dos variedades de sorgo eran muy parecidas en cuanto a valor nutritivo.

En cuanto a la digestibilidad in situ hubo una respuesta altamente significativa ($P < 0.01$) para los tratamientos con hidróxido de sodio y tiempo de mojado siendo la digestibilidad in situ para los niveles de NaOH de 0, 19.73 y 42.98% para cuando se trataron con 0, 3 y 6% para el caso de tiempo de mojado la digestibilidad fue de 13.04, 19.07, 20.15 y 25.37 cuando se trataron con 4, 8, 12 y 16 horas. En lo que se refiere a la digestibilidad con pepsina y HCl, se aumentó casi en un 20% la digestibilidad para todos los tratamientos.

7. BIBLIOGRAFIA

- Anderson, G.D., L.L. Berger y G.C. Fahey Jr. 1981. Alkali treatment of cereal grains. II. Digestion, ruminal measurements and feedlot performance. J. Anim. Sci. 52(1):144-149.
- Berger, L.L., G.D. Anderson y G.C. Fahey Jr. 1981. Alkali treatment of cereal grains. I. in situ and in vitro evaluation. J. Anim. Sci. 52(1):138-143.
- Church, D.C. 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Ed. Acribia. España. pp. 80-81.
- Cunha, T.J. 1966. Alimentación del cerdo. Ed. Acribia. España. p. 170.
- Elwood M. Juergenson. 1975. Métodos aprobados en la producción de ganado vacuno para carne. Ed. Trillas. México. p. 138.
- Harris, Lorin E. 1970. Métodos para el análisis químico y la evaluación biológica de alimentos para animales. Gainesville, Fla. University of Florida Center for Tropical Agriculture.
- Heuser F. Gustave. 1955. La alimentación en la avicultura.

Ed. Hispano Americano. México. p. 109.

Kempton, T.J. 1980. El uso de la bolsa de nylon para caracterizar el potencial de degradabilidad de alimentos para el rumiante. *Producción Animal Tropical*. No. 5. pp. 124-125.

Maynard, L.A., J.K. Loosli, H.F. Hintz y R.J. Warner. 1981. *Nutrición animal*. Séptima edición. Ed. Mc Graw-Hill. México. p. 640.

Mc Donald, P., R.S. Edwards y J.F.D. Greenhalgh. 1979. *Nutrición animal*. Ed. Acribia. España. pp. 190-191.

McLeod, M.N. 1974. Plant tannins their role in forage quality. *Nutrition Abstracts and Reviews*. 44(11):803-805.

Milton, P.J. 1965. *Mejoramiento genético de las cosechas*. Ed. Limusa. México. p. 301.

Morrison B., Frank. 1951. *Alimentos y alimentación del ganado*. Ed. Eteha. México. pp. 578-580.

Orskov, E.R. 1979. Recent advances in the understanding of cereal processing for ruminants. In. *Recent Advances in Animal Nutrition*. Eds. William Haresign and Dyfeo Lewis. p. 129.

- Orskov, E.R. y Macearmio, A. 1978. Utilization of alkali-treatment grain by cattle. Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen AB2, 95B. pp. 401-402.
- Preston, T.R. y Willis, M.B. 1974. Producción intensiva de carne. Ed. Diana. México. p. 447.
- Robles, S.R. 1974. Producción de granos y forrajes. Ed. Limusa. México. pp. 141-142.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1980. Dirección General de Producción y Extensión Agrícola. Programa Coordinado de Asistencia Técnica. Agenda Técnica Agrícola. p. 93.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1981. Logros y Aportaciones de la investigación agrícola en el Estado de Tlaxcala. p. 44.
- Steel, and Torrie, J.A. 1960. Principals and procedures of statistics, with special reference to the Biological Science. N.Y. Ed. Mc Graw Hill, U.S.A.
- Wall, J.S. y Williams, M.R. 1975. Producción y usos del sorgo. Ed. Hemisferio Sur Argentina. pp. 288-296.

