

# Universidad de Guadalajara

## Escuela de Agricultura



“Digestibilidad in Vitro y Composición Bromatológica del Rastrojo del Maíz (*Zea mays*.) Tratado con Hidróxido de Sodio ( $\text{Na OH}$ ) y Ácido Clorhídrico ( $\text{HCl}$ ), en Diferentes Proporciones”

T e s i s

que para obtener el Título de

I n g e n i e r o      A g r ó n o m o

O r i e n t a c i ó n   e n   G a n a d e r í a

p r e s e n t a :

Angel Ramón González Sánchez

Guadalajara, Jalisco 1977

A mis Padres Ramón y Rosa,  
quienes con esfuerzos y sa  
crificios lograron que fi-  
nalizara una etapa más de  
mi vida.

A mi Hermana  
Rosa Josefina.

A mis Tíos  
Roberto, Esteban, Teresa  
y Domitila.

Al Ing. Leonel González J. Director de Tesis,  
quien buscó la forma para que mi superación -  
fuera mayor y haberme guiado durante toda mi-  
profesión.

A mis Asesores

Ing. Carlos E. Rivas C.

Ing. Bonifacio Zarasua C.

A mi Escuela y Compañeros.

A la Rama de Ciencia Animal del  
Colegio Superior de Agricultura  
Tropical, por las facilidades -  
otorgadas para el desarrollo de  
este trabajo.

A los que de una u otra forma  
coadyuvaron a la realización-  
de esta tesis.

# I N D I C E   G E N E R A L

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA.	3
2.1. Digestibilidad de sub productos en fibra.	
2.2. Métodos artificiales para mejorar la digestibilidad.	
2.2.1. Métodos químicos.	
2.2.1.1. Acidos.	
2.2.1.2. Bases.	
2.2.2. Métodos físicos.	
2.2.2.1. Temperatura.	
2.2.2.2. Presión.	
III. MATERIALES Y METODOS.	9
3.1. Localización	
3.2. Desarrollo del Experimento.	
3.3. Diseño Experimental utilizado.	
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.	11
V. CONCLUSIONES.	22
VI. RESUMEN.	23
VII. LITERATURA CITADA.	24
VIII. APENDICE.	27

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

	Pág.
Tabla No. 1.- ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD In Vitro DE LA MATERIA SECA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.	17
Tabla No. 2.- PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD DEL RASTROJO DE MAIZ TRATADO CON 2 COMPUESTOS-QUIMICOS Y A DIFERENTES TIEMPOS DE PRESION.	18
Tabla No. 3.- ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS VALORES DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA MATERIA SECA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.	19
Tabla No. 4.- EFECTO DEL Na OH y HCl SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA IN VITRO DEL RASTROJO DE MAIZ.	20
Tabla No. 5.- EFECTO DEL Na OH y HCl SOBRE LA DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA MATERIA SECA DEL RASTROJO DE MAIZ.	21
Figura No.1.- PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA MATERIA SECA DEL RASTROJO DE MAIZ TRATADO CON HIDROXIDO DE SODIO A DIFERENTES TIEMPOS DE PRESION.	15
Figura No.2.- PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA MATERIA SECA DEL RASTROJO DE MAIZ TRATADO CON ACIDO CLORHIDRICO A DIFERENTES TIEMPOS DE PRESION.	16

## INDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro No. 1.- VALORES $\bar{X}$ EN LOS PORCENTAJES DE CENIZAS DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.	28
Cuadro No. 2.- VALORES $\bar{X}$ EN LOS PORCENTAJES DE ESTRAC- TO ETereo EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.	29
Cuadro No. 3.- VALORES $\bar{X}$ EN LOS PORCENJATES DE FIBRA - BRUTA EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS ES- TUDIADOS.	30
Cuadro No. 4.- VALORES $\bar{X}$ EN LOS PORCENTAJES DE PROTEI- NA CRUDA EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.	31
Cuadro No. 5.- VALORES $\bar{X}$ DE E.N.N. EN LOS DISTINTOS -- TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.	32

## I. INTRODUCCION.

La planta de maíz (*Zea mays*), ha sido desde los tiempos más remotos una de las principales productoras de alimentos, para la humanidad y para los animales. En el tiempo de la Colonia ya se tenía al fruto de esa planta como la base de la alimentación para el hombre, persistiendo eso en el pueblo de México y haciéndose cada vez más necesaria y a la vez más escasa y casi-prohibitiva para la alimentación de los animales.

Refiriéndose a la alimentación en los animales se menciona que se puede proporcionar en varias formas al ganado, siendo éstas en forma de ensilados, fresco, en grano y hasta seco. El forraje seco del maíz es la base de la alimentación en lugares -- donde la época de sequía es prolongada y no se cuenta con otros forrajes de bajo precio para la alimentación. Por ser un forraje seco que se encuentra ya lignificado, siendo poco palatable para el ganado por lo que algunos productores lo cortan antes -- de que seque por completo evitando así la ausencia total de los nutrientes que descienden hacia la raíz. Otra forma ha sido combinarlo con alimentos más palatables, sin embargo uno de sus inconvenientes en su baja digestibilidad son los altos contenidos de celulosa y lignina.

Una gran ventaja para alimentar a los animales con estos subproductos; es el aparato digestivo que tienen los rumiantes -- y la inmensa flora microbiana que tienen éstos en el rumen con las que hacen más digestibles los materiales fibrosos. Se han encontrado métodos para digerir parcialmente los alimentos y -- así tener un mejor aprovechamiento por el animal con menor gasto de energía y así ayudar al animal.

Siendo Jalisco uno de los principales Estados productores de maíz en México, y conociendo que la época de sequías es prolongada en la mayoría del Edo. los esquilmos de las cosechas --



son utilizados para la manutención de los animales, ya que los pastos son escasos y de baja calidad. Es obvio pensar en adaptar un sistema para el aprovechamiento mejor del rastrojo y el abaratamiento de los costos de alimentación en el ganado bovino para la producción de carne y leche.

El conocimiento de los residuos de las cosechas y una buena valoración de los mismos permitirían consolidar una relación armónica entre el hombre, la planta y el animal, que se traducirá en el mejoramiento de la producción forrajera, principal fuente alimenticia del ganado.

El objetivo del presente trabajo, es conocer la acción del Hidróxido de Sodio ( $\text{Na OH}$ ) y del Acido Clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) en diferentes concentraciones, tiempos de exposición a la presión de  $15 \text{ Lbs/cm}^2$  en el rastrojo de maíz sobre la digestibilidad In Vitro de la Materia Seca.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. DIGESTIBILIDAD IN VITRO.

El uso de las técnicas del laboratorio pueden ser utilizadas por todos aquellos individuos que están dedicados a la producción y utilización de los forrajes. Estas técnicas se encuentran en varios estados de desarrollo, es de interés la aparente precisión de éstas para predecir la digestibilidad de la Materia Seca (M.S.) (Moot y Moore 1969).

Los datos disponibles en la literatura, e independientemente de la calidad de los trabajos, los cuales han sido efectuados en los pasados 10 años, se llega a la conclusión que si el interés es; tener un método que pueda ser usado para predecir la digestión de todas las especies forrajetas, es el propuesto por Tilley y Terry (1963).

Johnson (1969), menciona que los factores que contribuyen hacia la alta calidad de los forrajes, son todavía más complejos para contar con una técnica analítica sencilla y relacionar los a todos ellos de una manera significativa.

El estudio del valor nutritivo de los forrajes usando técnicas de fermentación rumial In Vitro comenzó simultáneamente en varios laboratorios.

Quicke et al. (1959), relacionaron la digestión In Vitro de la celulosa según su lignificación y también la digestibilidad en los animales; el tiempo fue de 96 hrs.

En los siguientes 4 años numerosos ensayos fueron realizados para establecer relaciones entre medidas In Vitro y el valor nutritivo determinado por los animales.

De esta manera Crampton et al. (1960), propusieron que el consumo relativo de un forraje por su porcentaje de digestibilidad de energía fuera usado como un índice del valor nutritivo. También fue propuesto que este índice pueda ser predicho por la fermentación In Vitro.

Un estudio completo para la aplicación de los sistemas In Vitro lo inició Van Dyne (1966), usando a los forrajes de pastizales en la digestión de la celulosa y la digestibilidad de la Materia Seca en bolsas de Nylon. No se encontraron diferencias significativas entre las dos digestiones.

Ya que la mayoría de la fermentación ruminal In Vitro trata de simular el proceso digestivo en el rumen, Tilley y Terry (1963), llevaron a cabo la simulación de un paso más y agregó una digestión proteolítica, para simular este proceso en el abomaso.

La necesidad de un procedimiento standar In Vitro, ha sido comparado con otras técnicas de evaluación de forrajes. Monson et al. (1970), usaron técnicas In Vivo con bolsas de Nylon y la digestión In Vitro para estimar la digestibilidad de la Materia Seca de 159 muestras de forrajes. Encontrándose una correlación altamente significativa entre los dos métodos con todos los forrajes.

## 2.2. DIGESTIBILIDAD DE LOS PRODUCTOS ALTOS EN FIBRA.

Trabajos efectuados por Bacigalupo et al. (1973), sobre la digestibilidad de la broza de algodón sin procesar y procesada con NaOH con niveles de 2 y 4%, hubo un efecto significativo -- ( $P < 0.05$ ).

Otro estudio por Johnson et al. (1975), reportaron que la digestibilidad de sub productos, con el rastrojo de maíz encontraron una media de 43.9% de digestibilidad In Vitro de la mate

ria seca. Yu Yu et al (1975) reportan estudios en paja de ave-  
na, trigo y residuos de alfalfa, adicionando productos como el  
Clorito de Sodio ( $\text{Na Cl}_2$ ), siendo éste el que más redujo el ni-  
vel de lignina, así como la reducción de la lignina detergente-  
ácida. Tratamientos con Clorato de Calcio, ( $\text{Ca (ClO)}_2$ ) y Clora-  
to de Potasio ( $\text{K ClO}_3$ ), no tuvieron acción en los componentes-  
fibrosos de los forrajes, así mismo los compuestos del Cloro or-  
gánico. En las bases y combinaciones como el 6% de NaOH solubi-  
lizó solamente, el 10% de las unidades de las paredes celulares.  
Los tratamientos combinados con Na OH y  $\text{Cl}_2$  resultaron iguales-  
incrementando la digestibilidad de 1.5 a 2.18 % en relación con  
el testigo excluyendo el del 2% de hidróxido de sodio.

### 2.3. METODOS ARTIFICIALES PARA MEJORAR LA DIGESTIBILIDAD.

De los métodos encontrados en la literatura podemos mencio-  
nar los efectuados con; ácidos, bases, temperaturas, presiones,  
etc. Y combinaciones de estos métodos los que han dado buenos -  
resultados.

Martin, et al. (1974), Trabajaron sobre la digestibilidad-  
de la M. S. en el bagazo y bagacillo de la caña de azúcar con -  
Na OH y presión. Los niveles de Na OH fueron de 0,3,6 y 14% en-  
100 gr. de muestra mientras que en la presión se presentan valo-  
res de 4 y 6 atmósferas durante 15 y 30 minutos. Los resultados  
que se obtuvieron en el bagacillo con el Na OH fueron: Con 0% -  
3.85% de digestibilidad de la M.S. y del 15% de Na OH un 78.8%.  
Estos valores difieren estadísticamente a ( $P < 0.05$ ). En el bago-  
zo de la caña reportan que al 0% el porcentaje fue de 9.2% y al  
14% de Na OH de un 77% D.V.M.S. ( $P < 0.05$ ). Con respecto a las-  
presiones, en el bagacillo se reportan que: a las 4 atmósferas-  
de presión a 15 min. el porcentaje fue de 21.4% y a 30 atm. a -  
15 min. fue de 60.0% (DIVMS) ( $P < 0.05$ ). Mientras que con el ba-  
gazo de caña se reportan a 4 atm. a 15 min. 23.3% y a 30 min. -  
31.0%. Cuando se reportaron los valores del de 6 atm. a 15 min.

su valor fue 29.9% y a 30 min. 44.9% resultados significativos-estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

De la misma manera otros autores Heaney y Bender (1970), reportan incrementos en la DVMS del aserrín de álamo cuando éste fue tratado con presiones de 4,6 y 8 atmósferas por 15 y 30 minutos con diferencias entre los valores mínimos y los máximos de un 30% de diferencia, de igual forma fue altamente significativo ( $P < 0.01$ ).

Con la adición de varios aditivos con el Na OH y el hidróxido de potasio, (KOH), sobre el efecto de la digestibilidad In Vitro de la M.S., Shults, et al. (1974), trabajaron con silos de laboratorio; la digestibilidad de Rye Grass trabajaron (L. multiflorum) de edad avanzada y maduro fisiológicamente es de 133.1%, mientras que con 4.5% de Na OH + 20% de melaza + 1% de urea y 40 días de ensilado se reportó un aumento hasta del 54.3% de D.V.M.S.

Otros trabajos realizados con paja picada de Rye Grass (L. multiflorum), Anderson y Ralston (1973), reportaron que el formiato de sodio ( $\text{Na CHO}_2$ ) resultó altamente significativo ( $P < 0.01$ ) lo mismo que con el Na OH bajo el contenido de fibra-detergente ácida y lignina detergente ácida, el hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4 \text{OH}$ ) al 0.5 y 10.5% respectivamente reportaron resultados favorables sobre la digestibilidad In Vitro de la M. S.

Plantas enteras de cebada se reconstituyeron y trataron con Na OH con niveles de 0,2,3 y 4% en base de M.S., Olade y Mowat (1975), presentan resultados de la digestibilidad de la M.S., disminuyendo los porcentajes significativamente ( $P < 0.05$ ) y ( $P < 0.01$ ) de la misma manera disminuyeron los porcentajes para la materia orgánica. (M.O).

La literatura reporta resultados de digestibilidades en las pulpas de la madera y maderas blandas según lo menciona Ba-

ker (1973); quien trabajó con roble rojo, papel de abedul y de pino rojo, en los cuales removieron la lignina. Las muestras -- fueron picadas y sometidas en aire seco al vacío y licor procedido de la pulpa los que se pusieron a temperatura y tiempos variables siguiendo el proceso de la fabricación del papel Kraft. Los datos para la pulpa del papel de abedul son los siguientes: Usando tiempos de 0 - 120 minutos y temperaturas de 110-170°C, -- con un % en la digestibilidad de 15 - 90%. Mientras que para el pino rojo los tiempos fueron de: 0 - 130 minutos, temperaturas de 140 - 165°C, con un porcentaje en la digestibilidad de 15 - 80%.

A la paja de trigo cocida bajo presión en una solución de 6% de Na OH, tratado y posteriormente lavado dejando libres los álcalis y posteriormente se secó, en este proceso Donefer (1973), menciona que la celulosa de la paja se encontró arriba de un -- 38% de la recién usada en la digestión con borregos y en cada -- prueba se encontró un valor superior al de 74% de la digestibilidad de la M.S. Así mismo menciona otro trabajo con gas bióxido de cloro adicionando a la paja de trigo incrementando la digestibilidad In Vitro de la celulosa en un 53%. En contraste -- con tratamientos de solución de cal al 0.5% encontrando un efecto significativo ( $P < 0.01$ ) en la digestibilidad de la materia -- seca. Nath et al. (1969).

Chandra y Jackson (1971), compararon la habilidad de 6 diferentes productos químicos a diferentes niveles para incrementar la digestibilidad de la M. S. del rastrojo de maíz en bolsas de nylon. Los productos químicos utilizados fueron: Sulfito de sodio ( $\text{Na}_2 \text{SO}_3$ ), Sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2 \text{S}$ ), Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ ), Peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2 \text{O}_2$ ) y Cloruro de calcio ( $\text{Ca Cl}_2$ ). Concluyendo que: El Na OH fue el más efectivo aumentando la digestión hasta en un 45% más que en los otros. --- Mientras que el Cloruro de calcio ( $\text{Ca Cl}_2$ ) disminuye la digestión, en los animales posiblemente por la toxicidad que causan los residuos de cloro a los microorganismos del rumen.

En otro estudio efectuado por Donefer et al. (1963), en el cual se trataba a la paja de avena con una solución del 13.3% de Na OH con una relación de 60 lts. de solución por 100 Kg. de paja, (8 Kg. de Na OH x 100 Kg. de paja), neutralizada con 16.7 lts. de ácido acético al 50% y posteriormente secada. La paja tratada y sin tratar se le adiciona urea al 2.5% de la ración y 3.5 Kg. de sacarosa en la ración. Esta ración se les administró a borregos y también se le determinó la digestibilidad In Vitro. A los tratamientos con la adición de álcalis resultaron con incrementos significativos en energía digestible, pero no tuvieron efectos consistentes en el consumo voluntario cuando se comparó con la dieta la cual tenía pura urea, sí fueron similares o sea con el testigo. Mientras que la sacarosa no tuvo efecto en ningún tratamiento. En relación con la energía digestible el tratamiento con hidróxido de sodio + urea aumentó un 22% en comparación con el testigo, el coeficiente del % de la digestibilidad In Vitro de la M. S. tuvieron significancia al ( $P < 0.05$ ) aumentando así la digestibilidad de las pajas tratadas con urea en un 10%.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. LOCALIZACION.

El presente estudio se efectuó en los laboratorios de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, ubicada en los Belenes, Mpio. de Zapopan, Jal., a 20°14' de latitud-norte y a 103°20' de longitud oeste, y a 1500 m.s.n.m. Su temperatura máxima es de 30°C y la media es de 18°C y su mínima es de 5.5°C.

#### 3.2. METODOLOGIA DEL EXPERIMENTO.

El rastrojo del maíz utilizado fue tomado de los campos de producción de la Escuela.

Después de haber tomado las muestras del campo y secadas a temperatura ambiente se procedió a molerlas en un molino Willey con un tamiz de 2 mm. de espacio del poro y se le determinó el contenido de Materia Seca, en estufas de secado a una temperatura de 105°C por espacio de 24 hrs.

De esta muestra se tomaron 500 gr. para cada tratamiento los cuales fueron: Con hidróxido de sodio (Na OH) en concentraciones de 2, 4 y 6% respectivamente y sometidas a una presión de 15 Lbs/cm<sup>2</sup>. a intervalos de tiempo de 10, 20 y 30 minutos, usándose para estas presiones una "olla de presión", el mismo procedimiento se efectuó para el ácido clorhídrico (HCl).

Completando el tiempo establecido para cada tratamiento se sometieron a estufas de presión a 50°C. hasta eliminar totalmente el agua existente. Posteriormente se les determinó el análisis bromatológico propuesto por el A.O.A.C. (1960), para posteriormente determinar la digestibilidad In Vitro de la materia -



seca y la materia orgánica por el método propuesto por Tilley y Terry (1963), en el Laboratorio Central de Ciencia Animal perteneciente al Colegio Superior de Agricultura Tropical ubicado en el Mpio. de H. Cárdenas, Tabasco.

### 3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue un arreglo en parcelas sub-sub-divididas completamente al azar en el cual el modelo matemático es el siguiente: Steer y Torrie (1960).

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + E_A + N_j + E_B + (CN)_{ij} + T_k + (CT)_{ik} + (TN)_{kj} + (CNT)_{ijk}$$

en donde:

$Y_{ijk}$  = Cualquier observación

$\mu$  = Media general

$C_i$  = Efecto del compuesto químico

$E_A$  = Error Experimental A

$N_j$  = Concentración j

$E_B$  = Error Experimental B

$(CJ)_{ij}$  = Interacción simple compuesto químico con concentraciones

$T_i$  = Tiempos en presiones i

$(CT)_{ik}$  = Interacción simple. Compuesto químico con tiempo.

$(TN)_{kj}$  = Interacción simple. Tiempo de presión con concentraciones

$(CNT)_{ijk}$  = Interacción doble compuesto químico con concentraciones y tiempos.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

De acuerdo con el análisis de varianza presentado en la ta bla 1, se pueden observar que se encontraron diferencias significativas entre los dos compuestos químicos utilizados, lo cual se esperaba ya que su acción es diferente, mientras uno actúa como hidrolizante alcalino (Hidróxido de sodio Na OH), el segundo compuesto (Acido clorhídrico HCl), actúa como hidrolizante ácido. Es evidente que la actuación de éstos sea diferente, lo cual ha sido también comparado por Chandra y Jackson (1971), en donde compararon 6 fuentes de productos químicos, los cuales -- partían desde cloruro de calcio ( $\text{Ca Cl}_2$ ), hasta el uso de hidróxido de sodio (Na OH) obteniendo mayores digestibilidades en este último, mientras que en el primero presentaba un factor tóxico en las bacterias del rumen.

Al ser analizados estadísticamente por separado las con cen tra cion es a que se sometió el rastrojo de maíz, no se encontraron diferencias significativas, no siendo igual cuando hubo interacción entre los dos factores mencionados anteriormente, en la que se encontró diferencias altamente significativas - - - (P < 0.01).

Al analizar de igual manera los tiempos de exposición a la presión de 15 Lbs/cm<sup>2</sup>, a la que fue sometido el producto, se re po rta también una diferencia altamente significativa (P 0.01), por lo que podemos decir que el tiempo de exposición fue un fac tor determinante en los % de digestibilidad obtenidos. Al igual que Martin, et al. (1974), trabajaron con presiones de 4 y 6 at m ós fe ras durante 15 y 30 minutos, solamente que sin la adición de ningún producto químico, no encontrando incrementos en la di gest ibi lidad, mientras que en el producto tratado químicamente -- sí obtuvo un incremento de un 28% hasta un 44.9% de di gest ibi lidad.

Cuando se unieron los factores; compuesto químico y el ---

tiempo de exposición a la presión y ser analizados estadísticamente, se encontró diferencia estadística al ( $P < 0.01$ ), estos resultados concuerdan con los encontrados por Donefer (1973), quien tratando a la paja de trigo bajo un cocimiento, presión y una solución de 6% de Na OH, mejorando el % de D.V.M.S. de un 38% hasta un 74%.

Finalmente cuando se relacionan los factores; concentración y el factor tiempo, igualmente se encontró una alta significancia ( $P < 0.01$ ), en los diferentes tratamientos utilizados.

Mientras que al ser analizados los 3 factores (Compuesto químico, concentraciones y tiempos de exposición a presión), no se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

Se confirma el poder de acción de los tres factores, pero en la participación de conjuntos respectivamente relacionados.

Estos factores difieren en los usados por varios autores - en cuanto a compuestos utilizados en este trabajo, pero que evidencian la utilización de compuestos químicos y mecánicos, como ayudantes de un aumento en la digestibilidad mencionándolo así: Nath, et al, (1969), Donefer, et al. (1973), Baker (1973), Anderson, et al. (1963) y Johnson, et al. (1975), entre otros.

Analizando el conjunto formado por el compuesto químico y las concentraciones observamos según la tabla 1 que con el Na OH a la concentración del 6% tenemos expresado el mayor aumento en la digestibilidad, de la misma manera al relacionar el conjunto compuesto químico Na OH y tiempos (10, 20 y 30), notamos que al aumentar la duración del tiempo se inicia un decreciente porcentaje en la digestibilidad, siendo contrario con la concentración del 4% y el Na OH, en el que al relacionarse la concentración con el tiempo de exposición a la presión (10, 20 y 30), hay niveles ascendientes, confirmando así la alta diferencia significativa reportada por el análisis de varianza.

Al relacionar el Na OH, con la concentración del 2% observamos que los valores fueron decreciendo conforme se aumentó el tiempo expuesto a la presión, así mismo podemos observar la baja acción del Na OH para hidrolizar el material presentado bajo esa concentración. Ya que la variación entre el valor obtenido del % de digestibilidad reportados al usar Na OH al 2% contra los reportados al 6% con el mismo tiempo de exposición a la presión (10 Min.), varían de un 35.70% a 44.61% habiendo una tendencia similar en los demás tiempos de presión.

Con respecto a la utilización del Acido Clorhídrico (HCl), el cual fue usado en las mismas concentraciones y con los mismos tiempos de exposición a la presión, encontramos que en la concentración del 4% observamos un aumento en el % de la digestibilidad conforme se aumentó el tiempo en la presión de 15 Lbs/cm<sup>2</sup>, siendo similar en la concentración del 6%. Mientras que en la concentración del 2% se presentó una variante entre los tiempos de 10 y 20 minutos y no así en el de 30 minutos.

El aumento mayor en el % de la digestibilidad lo observamos cuando se utilizó la concentración del 2% de HCl, pero con el mayor tiempo de exposición a la presión (30'). Aunque estadísticamente por medio de la prueba de Duncan (1955), es igual a la obtenida al 2% en 10 minutos, al 4% a 30 minutos y al 6% al mismo tiempo anterior.

La diferencia que se presenta en la prueba de Duncan, entre los valores reportados al nivel del 6% de Na OH a 10 min. expuesto a la presión y el obtenido al nivel del 2% de HCl a 30 min. de exposición y así la diferencia que se presenta en los dos compuestos químicos, es posible que se deban a que tanto la hidrólisis alcalina del Na OH, el cual es una base fuerte con mayor poder corrosivo que el HCl, actuara con mayor fuerza en el rompimiento de las fibras de los carbohidratos estructurales (Celulosa, hemicelulosa y lignina).

Existe la posibilidad de que la presión efectuada en los tratamientos produzca un efecto físico que actúe aumentando el volumen (hinchamiento) en el producto y contribuya de este modo a la penetración mayor del compuesto químico y posteriormente de las enzimas del líquido ruminal, capaces de descomponerlas.

Con relación al análisis bromatológico efectuado se observó mediante los análisis de varianza respectivos para cada tratamiento que no había diferencia significativa estadísticamente, sobre todo en dos factores importantes a tomar, que fueron: Fibra bruta y proteínas (N. x 6,25), las diferencias sólo se consideran mínimas. Presentándose los resultados en el apéndice.

### Clave:

—— 15 Lbs/cm<sup>2</sup> - 10'  
- - - - " " - 20'  
- o - o - " " - 30'

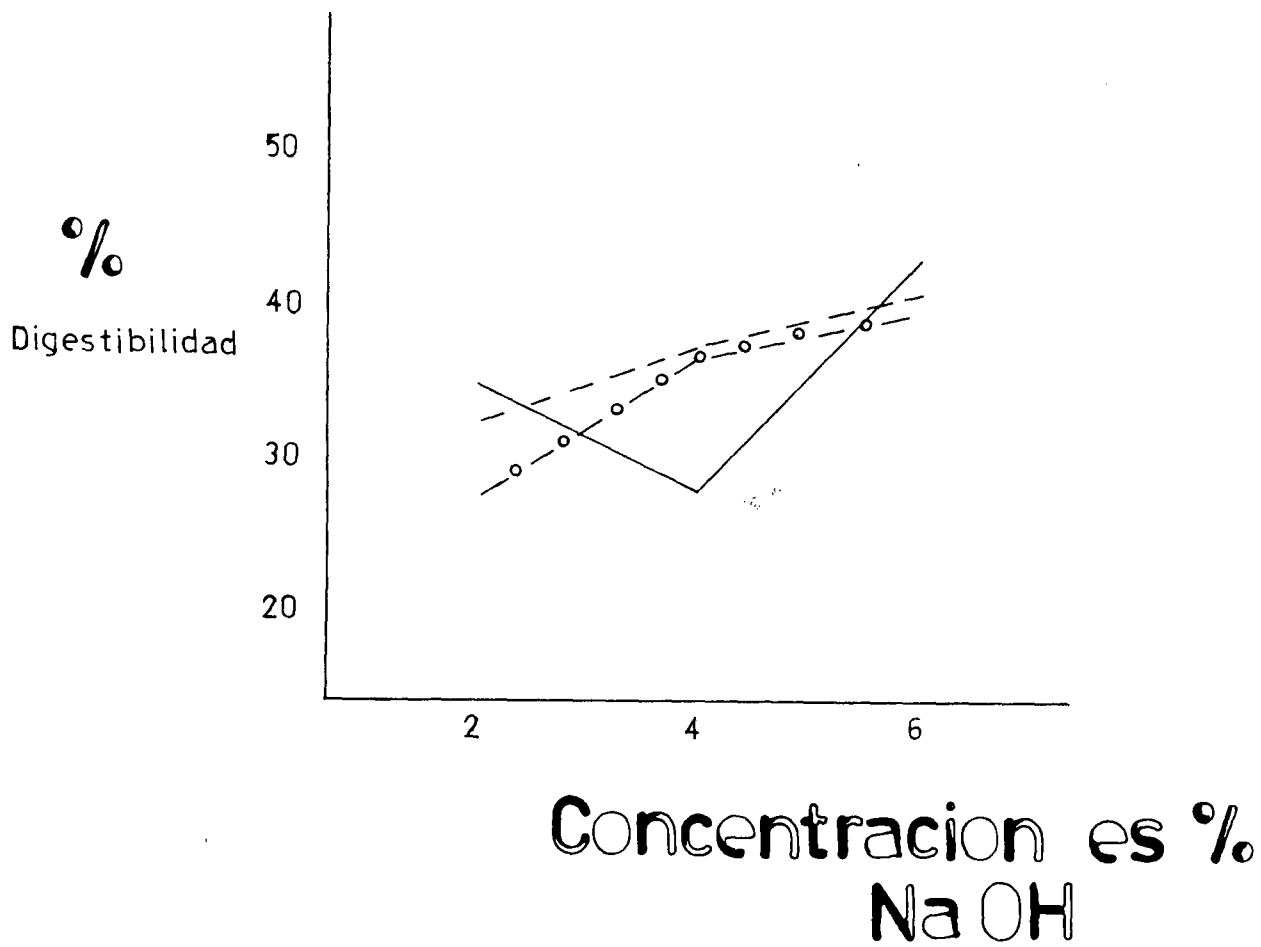


FIG. No.1 Porcentajes de digestibilidad In Vitro de la Materia Seca del rastrojo de Maíz tratado con Hidróxido de Sodio a diferentes tiempos de presión.

# Clave.

———— 15 Lbs/cm<sup>2</sup> - 10'  
----- " " - 20'  
-o-o- " " - 30'

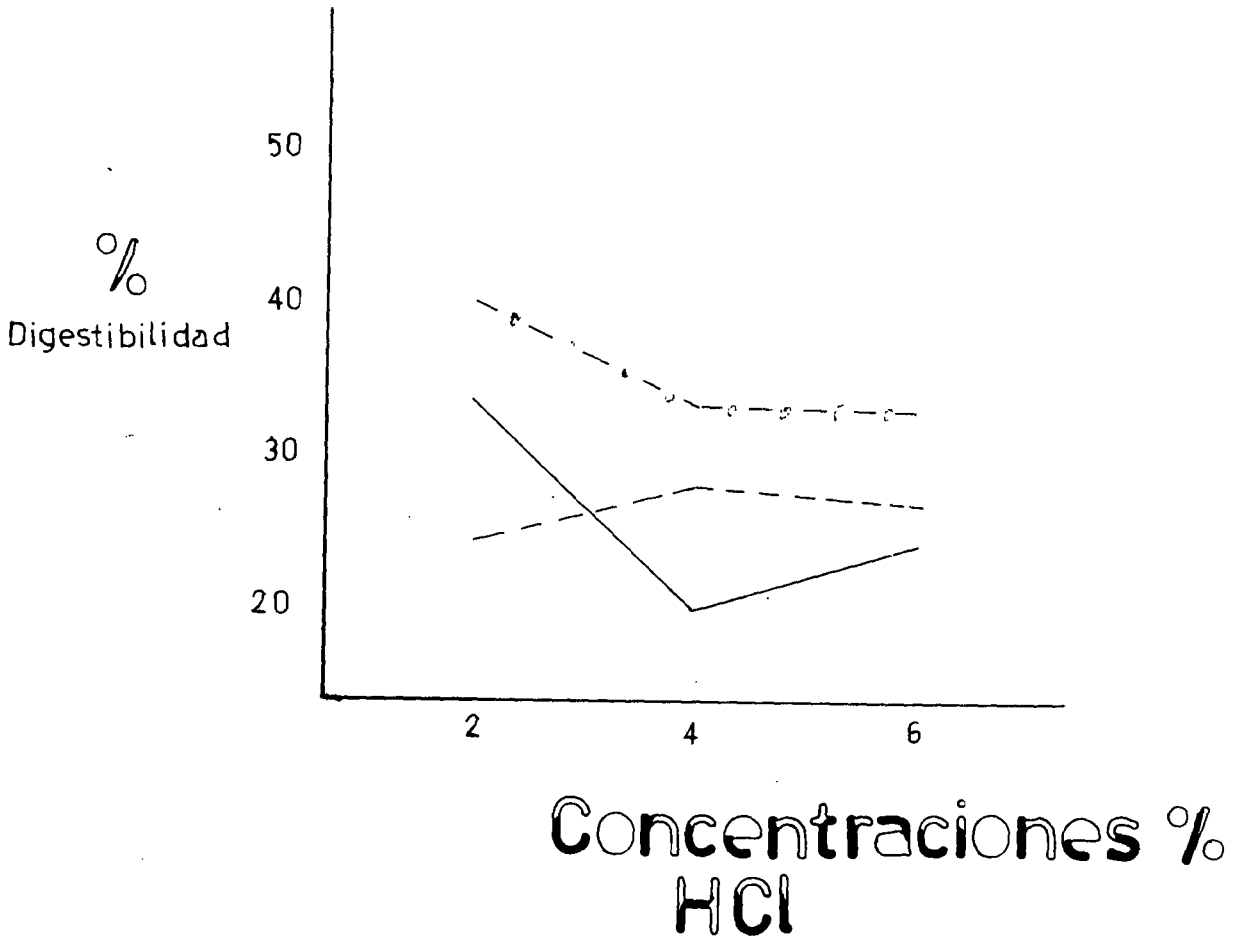


FIG. No. 2 Porcentajes de digestibilidad In Vitro de la materia Seca del rastrojo de maíz tratado con Acido Clorhidrico a diferentes tiempos de presión.

TABLA 1 ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD In Nitro  
DE LA MATERIA SECA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.

FUENTE DE VARIACION.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	F. T.	
					0.05	0.01
A. COMPUESTO QUIMICO	1	792.93	792.93	8.17	7.71 <sup>+</sup>	
ERROR ( A ).	4	388.04	97.01			
B. CONCENTRACIONES.	2	246.32	123.16	2.55	N.S.	
ERROR ( B ).	16	774.29	48.39			
A x B	2	778.29	389.43	8.05		6.23 <sup>++</sup>
C. TIEMPO DE EXP. PRESION	2	326.04	163.02	5.82		5.08 <sup>++</sup>
A x C	2	615.14	307.57	10.98		5.08 <sup>++</sup>
C x B	4	667.60	166.90	5.96		3.74 <sup>++</sup>
A x B x C	4	234.99	58.7	2.10	N.S.	
A. = 29.39 %						
C.V.		S. = 5.2915				
B. = 20.77 "						
C. = 15.79 "						

+ INDICAN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA AL 5 % de probabilidad.

++ " " " " 1 % " "



TABLA 2 PORCENTAJES DE DIGESTIBILIDAD DEL RASTROJO DE MAIZ TRATADO  
CON 2 COMPUESTOS QUIMICOS Y A DIFERENTES TIEMPOS DE PRESION.

CONCENTRACIONES.		Na OH %			HCl %		
		2	4	6	2	4	6
15 Lbs/cm <sup>2</sup>	10'	35.70 abcd	28.57 cde	44.61 a	34.72 abcde	20.75 e	25.10 de
	20'	33.28 abcde*	38.62 abcd	41.36 ab	25.85 cde	29.36 cde	28.58 cde
	30'	28.12 cde	37.90 abcd	40.08 abc	41.45 ab	34.74 abcde	34.28 abcde

+ LETRAS DIFERENTES INDICAN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ( P < 0.05 )

TABLA 3 ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS VALORES DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA MATERIA SECA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.

FUENTE DE VARIACION.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	F. T.
TRATAMIENTOS.	18	5826.33	323.68	3.46 <sup>++</sup>	0.05 1.68 0.01 2.11
ERROR.	76	7095.79	93.96		
TOTAL.	94	12922.12			

++ INDICAN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA AL 1% DE PROBABILIDAD

TABLA 4 EFECTO DEL Na OH y HCl SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA IN VITRO DEL RASTROJO DE MAIZ.

T R A T A M I E N T O S

CONCENTRACION	TIEMPO	% DIGESTIBILIDAD M.S.
2 % Na OH	10'	37.70 ab
	20'	33.28 ab
	30'	28.12 ab
4 % Na OH	10'	28.57 ab
	20'	38.62 ab
	30'	37.90 ab
6 % Na OH	10'	44.61 a
	20'	41.36 a
	30'	40.08 a
2 % HCl	10'	34.72 ab
	20'	28.85 ab
	30'	41.45 a
4 % HCl	10'	20.75 b
	20'	29.36 ab
	30'	34.74 ab
6 % HCl	10'	25.10 ab
	20'	28.58 ab
	30'	34.28 ab
T E S T I G O	-	20.80 b

LETRAS DIFERENTES INDICAN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (  $P < 0.01$  ).

TABLA 5 EFECTO DEL Na OH y HCl SOBRE LA DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA MATERIA SECA DEL RASTROJO DE MAIZ.

T R A T A M I E N T O S		
CONCENTRACION	TIEMPO PRES.	% DIGESTIBILIDAD M.S.
2 % Na OH	10'	35.70 abcd
	20'	33.28 abcde
	30'	28.12 cde
4 % Na OH	10'	28.57 cde
	20'	38.62 abcd
	30'	37.90 abcd
6 % Na OH	10'	44.61 a
	20'	41.36 ab
	30'	40.08 abc
2 % HCl	10'	34.72 abcde
	20'	28.85 cde
	30'	41.45 ab
4 % HCl	10'	20.75 e
	20'	29.36 cde
	30'	34.74 abcde
6 % HCl	10'	25.10 de
	20'	28.58 cde
	30'	34.28 abcde
T E S T I G O	—	20.80 e

LETRAS DIFERENTES INDICAN DIFERENCIA SIGNIFICARICA ( P < 0.05 ).

## V. CONCLUSIONES.

Del presente estudio se pueden derivar los siguientes conclusiones:

1.- Los tratamientos en que se usó una hidróxido de sodio ( NaOH ), fueron los que aumentaron en mayor porcentaje la digestibilidad, específicamente la concentración del 6 %.

2.- Es posible que los tiempos de presión no sean un efecto determinado para el aumento de la digestibilidad, ya que el mayor porcentaje encontrado se reporta a los 20 minutos de presencia a la presión.

3.- Los tratamientos con Acido clorhídrico ( HCl ) presentan una digestibilidad más baja, por lo que puede mencionarse que su poder hidrolizante se note más en sub productos agrícolas menos lignificados.

4.- Existe una posibilidad de que a mayores volúmenes del producto o mayores concentraciones cambien los valores aquí mencionados.

5.- Con respecto al estudio bromatológico realizado muestra que este sub producto es de un bajo valor nutritivo para los rumiantes por su contenido lignocelulósico tan alto y que para fin de degradarlo necesita un gasto de energía bastante elevado.

Es evidente la importancia que presenta el ofrecimiento de estos sub productos al rumiante, por lo que se hace palpable la necesidad de conocer su aceptación y la digestibilidad de este en forma In vivo y también evaluar la cantidad de energía necesaria para esa digestión el producto dentro del animal. Ya que el principal objetivo del productor es obtener mayores producciones a un costo mínimo en la alimentación.

## VI. RESUMEN.

Se realizó un trabajo sobre la digestibilidad In Vitro de la Materia Seca y su composición Bromatológica del rastrojo de maíz, en los laboratorios del Colegio Superior de Agricultura-Tropical situado en el Mpio. de H. Cárdenas Tab. y en el laboratorio de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara.

El rastrojo de maíz fue tratado con 2 compuestos químicos: Hidróxido de Sodio (Na OH) y Acido clorhídrico (HCl), respectivamente a las concentraciones de 2,4 y 6%, al igual que con el uso de presión 15 lbs/cm<sup>2</sup> a tiempos de 10, 20 y 30 minutos. Notándose un incremento en la digestibilidad mayor, con el uso -- del hidróxido de sodio al nivel del 6% a un tiempo de 10 minutos de presión, debido a que la hidrolisis tan activa que presenta para los carbohidratos estructurales (Celulosa, hemicelulosa y lignina). Con lo referente al ácido clorhídrico se muestran aumentos significativos con relación al testigo.

Los análisis bromatológicos efectuados, no presentan una diferencia significativa, aunque subjetivamente se presentan algunas variantes.

## VII. LITERATURA CITADA.

- A.O.A.C. (1960) Official Methods of analysis (9th ed.)  
Washington, D.C.
- Bacigalulpo, A., M. Vara, J. A. Perea, A. Lescano, F. Delzo y T. -  
S. Aguilar. (1973) Digestibilidad en ovinos de la broza  
de algodón sin procesar y procesada con hidróxido de so-  
dio. A.L.P.A. 1973 Vol. 8 p. 39.
- Baker, A. J. (1973), Effect of lignin on the In Vitro Digestibili-  
ty of wood pulp. J. Animal Sci. Vol. 35, No. 2.
- Barnes, E. F. (1970)., Collaborative research with two stages In -  
Vitro and rumen fermentation techniques. Proc. of the Na-  
tional Conference. Washington, D.C.
- Craig, D. A. y A. T. Ralston (1973)., Chemical treatment of Rye --  
grass staw; In Vitro dray matter digestibility and compo-  
sition changes. J. Animal Sci. Vol. 37, No. 1.
- Crampton, E. W., Donefer, E. y L. E. Lloyd. (1960)., A nutritive -  
value index for forages. J. Animal Sci. 19 (2): 538-552.
- Chandra, S., y M. G. Jackson (1971)., A study of varrious chemical  
treatments to remov lignin from coarse roughages and in  
crease thir digestibility. Journal Agric. Sci. 77:11.
- Donefer, E. (1973)., Effect of possessing on the nutritional value  
of feeds. Nation Academy of Sci. Washington, D.C.
- Donefer, E., I. C. A. Peleye, y T. A. O. C. Jones. Reprint from ad-  
vances in chemistry revies. No. 85, "Celulases and their  
applications". Departament of Animal Sci., Mc Donald Co-  
llage (Mc Gill Univ.), Prov. Quevec, Canada.

- Duncan, D. D. (1955)., Multiple ranges and multiple F test. Biometrics 11:1.
- Harris, C. E. (1963)., Comparison of the In Vitro v:s In Vivo measures of the digestibility of forages. Journal Brit. -- Grassland Sci. 18:3.
- Heaney, D. P. y Bender, F. (1970)., The feeding value of steamed - aspern for sheep. Forest Production. p. 255-267.
- Johnson R. R. (1969)., Reason for forege evaluation. Proc. of Na - tional Conference of forage quality evaluation an utili - zation. Nebraska Center. Lincon Nebraska. U.S.A. p. b-2.
- Johnson, W. L., D. Pezo y V. Justo (1975)., Composición química y digestibilidad In Vitro de algunos sub-productos agríco - las fibrosos. A. L. P. A. 1975 Vol. 10, p. 99.
- Monson, W. G., R. S. Lowrwy y I. Forbes (1970)., In Vitro by lon - bag v:s two stages In Vitro digestion. Proc. of the Na - tional conference of forage quality evaluation and utili - zation.
- Moot, G. O. y J. E. Moore (1969)., forage evaluation techniques in perspective Proc. of National conference of forage quali - ty evaluation and utilization.
- Nath, K. y K. Sahai y N. D. Kehar (1969)., Effect of water washing lime treatment and lime and calcium carbonate suplementa - tion on the nutritive value of paddy ( Orysa sativa ) -- straw. J. Animal Sci. 28:383.
- Olade, B. G. y D. N. Mowat (1975)., Influence of whole - plant bar - ley recostitued whit sodium hidroxide on digestibility, rumen fluid and plasma metabolism of sheep. J. Animal -- Sci. Vol. 7 No. 3, :1277.



- Quicke, G. V., Bentley, O. G., Scott, H. W. Moxon N. S. (1959)., -  
Celulose digestion In Vitro as a measure of the digesti-  
bility of forages celulose in ruminants. J. Animal Sci. -  
18 (1) p. 275-287.
- Shultz, T. A., A. T. Ralston y E. Shultz (1974)., Effect of vario-  
us additives on nutritive value of rye grass straw sila-  
ge. Laboratory silage and In Vitro dry matter digestion  
observations. J. Animal Sci. Vol. 39, No. 5.
- Steel, R. G. D. y Torrie, J. H. (1960)., Principles and procedures  
of statistics. Mc. Graw - Hill Book Co. Inc. N. Y.
- Tilley, J. M. A. y R. A. Terry (1963)., A two stage technique for  
the In Vitro digestion of forage corps. J. Brit. Grass -  
land Soc. 18:101.
- Van Dyne, G. M. (1966)., Comparison of micro digestion techniques  
under range and dry let conditions. J. Animal Sci. 64: -  
381-387.
- Yu Yu, J. W. Thomas y R. S. Emery. (1975)., Estimated nutritive va  
lue of treated forages for ruminants. J. Animal Sci. Vol.  
41, No. 6.

A P E N D I C E .

CUADRO 1 VALORES  $\bar{X}$  EN LOS PORCENTAJES DE CENIZAS DE LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS

Presión 15 Lbs/cm <sup>2</sup>	TIEMPO	% Na OH			% HCl		
		2	4	6	2	4	6
	10'	12.21	9.64	11.85	5.67	13.45	15.40
	20'	9.33	12.51	12.41	10.00	14.36	8.92
	30'	12.62	10.72	12.31	12.65	11.95	15.00
	TESTIGO.				8.07		

CUADRO 2 VALORES  $\bar{X}$  EN LOS PORCENTAJES DE EXTRACTO ETereo EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.

Presión 15 Lbs/cm <sup>2</sup>	TIEMPO	% Na OH			% HCl		
		2	4	6	2	4	6
	10'	0.46	0.31	0.30	0.60	0.63	0.69
	20'	0.41	0.37	0.33	0.65	0.65	0.60
	30'	0.43	0.47	0.35	0.53	0.12	0.66
	TESTIGO	0.68					

CUADRO 3 VALORES  $\bar{X}$  EN LOS PORCENTAJES DE FIBRA BRUTA EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS

Presión 15 Lbs/cm <sup>2</sup> TIEMPO	% Na OH			% HCl		
	2	4	6	2	4	6
10'	32.78	33.30	33.22	27.93	29.91	37.50
20'	32.64	34.11	31.78	33.30	29.83	30.25
30'	33.60	33.52	33.89	40.46	29.09	31.12
TESTIGO	37.80					

CUADRO 4 VALORES  $\bar{x}$  EN LOS PORCENTAJES DE PROTEINA CRUDA EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS

Presión 15 Lbs/cm <sup>2</sup>	TIEMPO	% NaOH		% HCl			
		4	6	2	4	6	
10'	3.64	3.49	3.49	3.68	3.68	3.42	
20'	3.50	3.90	3.93	3.61	3.53	3.46	
30'	3.64	3.53	4.04	4.54	4.04	3.75	
T E S T I G O							3.82

CUADRO 5 VALORES  $\bar{X}$  EN LOS PORCENTAJES DE E.N.N. EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS

Presión 15 Lbs/cm <sup>2</sup>	TIEMPO	% NaOH			% HCl		
		2	4	6	2	4	6
	10'	47.33	51.03	48.04	47.55	43.22	40.91
	20'	45.05	46.21	47.58	43.51	38.15	45.47
	30'	43.61	48.94	45.17	35.71	42.55	38.76
	TESTIGO	45.78					