

A-631

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



EFFECTO DEL TAMAÑO DE PARTICULA SOBRE EL PATRON DE
FERMENTACION MEDIANTE EL ENSILAJE EN BAGAZO DE
Agave Tequilana.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
ORIENTACION ZOOTECNIA
P R E S E N T A
ROBERTO BERNAL PARTIDA
GUADALAJARA, JAL. AGOSTO 1980

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal., Agosto 21 de 1980.

C. ING. LEONÉL GONZALEZ JAUREGUI
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E :

Habiendo revisado la Tesis del PASANTE _____

ROBERTO BERNAL PARTIDA Titulada:

"EFECTO DEL TAMARO DE PARTICULA SOBRE EL PATRON DE FERMENTACION
MEDIANTE EL ENSILAJE EN Agave tequilana"

Damos nuestra aprobación para la impresión de la
misma.

DIRECTOR DE TESIS


ING. JUAN RUIZ MONTES

ASESOR

ASESOR


ING. DANIEL ASUNCION SANTANA COVARRUBIAS.


Q.F.B. VERONICA NAVARRO HIDALGO

I N D I C E

Capítulo I	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPITULO II	
REVISION DE LITERATURA	2
2.1 Descripción de la especie	2
3 2.1.1 Clasificación y características botánicas 3 del <u>Agave tequilana</u>	2
2.2 Carbohidratos	2
3 2.2.1 Celulosa	34
2.2.2 Hemicelulosa	34
2.2.3 Substancias pécticas.	34
2.2.4 Lignina	4
32.3 Proceso de ensilaje	4
3 2.3.1 Ensilaje	4
3 2.3.2 Tipos de fermentación	5
3 2.3.3 Usos del ensilaje	6
32.4 Digestibilidad	9 10
Capítulo III 70	
MATERIALES Y METODOS	13 15
4 3.1 Localización geográfica	13 15
3.2 Ensilaje y muestreos	13 15
3.3 Técnicas empleadas en las diferentes determinaciones	14 16
4 3.4 Diseño experimental	14 16
Capítulo IV	
RESULTADOS	16 18
Capítulo V	
DISCUSION DE RESULTADOS	25 27
5.1 Prueba de hipótesis	25 27

	Pág.
5.2 Efecto del tamaño de partícula	26 28
5.3 Efecto del período de muestreo	26 28
6 5.3.1 Efecto del período de muestreo sobre el pH	26 29
5.3.2 Efecto del período de muestreo sobre los - carbohidratos solubles	27 29
5.3.3 Efecto del período de muestreo sobre los - carbohidratos estructurales	27 29
Capítulo VI <i>VII</i>	
CONCLUSIONES	28 30
Capítulo VII <i>VIII</i>	
RESUMEN	29 31
Capítulo VIII <i>IX</i>	
BIBLIOGRAFIA	30 32
APENDICE <i>I</i>	34 36

I INTRODUCCION

En el Estado de Jalisco, la industria tequilera tiene gran importancia. En la explotación industrial del agave existen varios subproductos, uno de ellos es el bagazo o pulpa.

De acuerdo a los datos proporcionados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Delegación Jalisco (1980), en la entidad se cultivan 49,103 hectáreas, las que arrojan una producción mensual de 31 mil toneladas de materia prima para la elaboración del tequila. De estas 31 mil toneladas se elimina como subproducto o bagazo entre el 50 y el 65%, lo que representa 15,500 o 20,150 toneladas de bagazo respectivamente. Este subproducto contiene un promedio de 6.6% de carbohidratos solubles tal y como se elimina; esto quiere decir que existe una pérdida mensual de 1,023 a 1,330 toneladas de carbohidratos solubles, los que son eliminados en una forma irracional, sin recapacitar en lo más mínimo sobre su amplio potencial energético.

Además de los carbohidratos solubles presentes en el bagazo existe un alto porcentaje de carbohidratos estructurales, los que le dan un potencial energético aún mayor, lo que nos permitiría en un momento dado tenerlo como una alternativa de energía en la alimentación de rumiantes. Sin embargo, los carbohidratos estructurales que contiene el bagazo, se presume que serían escasamente aprovechados por el animal, por lo que se pretende que al someter a éstos a un proceso de ensilaje se aumente el grado de aprovechabilidad de dichos polisacáridos. Los objetivos de este trabajo son, analizar el efecto del tamaño de la partícula sobre la degradación de los carbohidratos estructurales, mediante el método del ensilaje, cuantificando carbohidratos solubles y carbohidratos estructurales. Asimismo, estudiar el efecto del factor tiempo en la fermentación de los carbohidratos solubles, la degradación de los carbohidratos estructurales y la mecánica del pH.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Descripción de la especie.

2.1.1 Clasificación y características botánicas de Agave tequilana:

Reino, vegetal; división, fanerógamas; subdivisión, angiospermas; clase, monocotiledoneas; familia, agavaceae; género, agave; especie, tequilana; nombre común, mezcal variedad azul W.

El mezcal tequilero es una planta robusta con el tronco reducido o nulo. Hojas arrosetadas, carnosas-fibrosas terminadas en una púa, con el margen o borde comúnmente armado con espinas rectas o ganchudas. Flores en espiga o panoja en un escarpo largo y macizo, perigonio cilíndrico infundibuliforme con seis segmentos, seis estambres, ovario trilobular, estilo con estigma trifido, gruto en cápsula con numerosas semillas aplanadas, negras (Sánchez, 1969).

26

2.2 Carbohidratos.

Los carbohidratos son formados en las hojas de los vegetales, donde se combinan los compuestos bióxido de carbono y agua para formar el azúcar conocido como glucosa. Este proceso recibe el nombre de fotosíntesis, requiere del pigmento verde llamado clorofila, así como la energía procedente del sol. Luego muchas moléculas se agrupan para formar compuestos superiores como la celulosa, hemicelulosa, almidón y otros compuestos.

Los carbohidratos se dividen en mono-, di-, oligo- y polisacáridos. Los monosacáridos son compuestos como la glucosa, galactosa, fructosa y otras hexosas y pentosas. Los disacáridos agrupan en su molécula a dos monosacáridos como la glucosa y la fructosa para formar la sacarosa; la glucosa y la galactosa para ori

ginar la galactosa, etc. Los oligosacáridos comprenden a todos - aquellos compuestos que contienen 10 o menos monómeros, tales co mo la glucosa. Finalmente, los polisacáridos son todos aquellos- compuestos de más de 10 azúcares sencillos, ya sea monosacáridos, o agrupaciones de di- u oligosacáridos. A este grupo pertenecen- compuestos como la celulosa, hemicelulosa, lignina, dextrinas y- pectina, (Schweers, 1978).

28

2.2.1 Celulosa. Es un polímero lineal de D-glucosa con en- laces covalentes Beta 1-4 glucosídicos, puede poseer de 7,000 a 15,000 monómeros, el dímero que se repite es la celobiosa. Ade-- más del enlace covalente, posee enlaces hidrógeno, los que se -- forman entre el oxígeno del enlace 1-4 y el hidrógeno del carbo- no 3. Los grupos hidroxílicos de los carbonos 2 y 6 pueden for-- mar enlaces de hidrógeno con moléculas adyacentes.

2.2.2 Hemicelulosa. Se dividen en pentosanas y hexosanas.- Las pentosanas poseen una cadena lineal de moléculas de D-xilosa, llamada xilana unidas por enlaces Beta 1-4 glucosídicos. Estas - cadenas poseen ramificaciones de arabinosa, unidas a la cadena - D-xilosa con enlaces Alfa 1-3. También se han encontrado unidos- con enlaces glucosídicos, ácido D-galacturónico o su éter metíli- co y D-galactosa.

Las hexosanas son las Beta-glucanas polímeros de D-glucosa- con enlaces Beta 1-4 y Beta 1-6. Además existen otras hexosanas con cadenas lineales de D-glucosa y D-manosa unidas con enlaces- Beta- 1-4 llamadas glucomanas.

2.2.3 Substancias pécticas. Son un grupo de polisacáridos, entre los cuales el principal es el ácido poligalacturónico o - pectina. Está formado por enlaces de ácido D-galacturónico con- enlaces Alfa 1-4. Muchos de los grupos carboxílicos pueden es- tar esterificados con grupos metílicos o formando pectatos de -- calcio o magnesio. Estos carbohidratos son altamente disponibles

desde el punto de vista nutricional.

2.2.4 Lignina. Es el polímero natural más complejo, el --- cual se forma a partir de tres unidades monoméricas: los alcoholes aromáticos p-cumaril, coniferil y sinapil. Estos monómeros - están unidos entre sí por fuertes enlaces covalentes entre carbo no y carbono.

La lignina es un compuesto exclusivo del reino vegetal y se le localiza en la pared celular. Una de sus más importantes funciones es la de mantener rígidos a los órganos vegetales incrustándose en los carbohidratos estructurales. No existe ninguna es pecie de mamífero capaz de degradar la lignina, ni los microorga nismos rumiales producen enzimas que la degraden, (Sosa, 1979).
29

Se ha encontrado que a medida que aumenta el contenido de - lignina, disminuye la digestibilidad del forraje, debido a la -- formación del complejo indigestible lignina-carbohidrato ya que -- físicamente impide la acción de las enzimas glucosidasas puesto -- que se incrusta en la celulosa, (Van Soest citado por Sosa, 1979).
29

2.3 Proceso de Ensilaje.

2.3.1 Ensilaje. Es la conservación de los forrajes en esta do succulento por medio de fermentaciones parciales. Al material -- resultante se le llama ensilado. La fermentación es controlada -- bien favoreciendo la formación de ácido láctico o a través de -- bacterias en condiciones anaerobias, o por la adición directa de -- una solución de ácido débil o de un conservador como el metabi -- sulfito sódico.

En el ensilaje, cuando la oxidación es incompleta, los com -- puestos no son convertidos totalmente en bióxido de carbono y -- agua, sino que se forman algunas sustancias intermedias como --

ácido acético, propiónico, butírico, láctico y alcohol entre otras. Cuando ocurre una oxidación incompleta, se está en presencia de la respiración anaerobia, que no produce tanto calor como la respiración aerobia, porque los compuestos intermedios producidos, retienen una parte considerable de energía. El aumento de la temperatura dependerá de la cantidad de oxígeno presente, y éste quedará determinado por el grado de compactación existente en la masa ensilada, (McDonald et al, 1975; Peñagaricano et al, -24; Watson y Smith, 1974).

18

31

2.3.2 Tipos de fermentación.

Fermentación láctica. Es causada por un grupo de microorganismos entre los más importantes destacan el Lactobacillus plantarum; Lactobacillus bulgáricus; Lactobacillus brevis; Lactobacillus casei y Streptococcus lactis. Todos estos microorganismos están ampliamente distribuidos en todos los vegetales, se desarrollan a temperaturas de 5 a 60°C con óptima de 30°C; se adaptan a un rango de pH de 3 a 4. Producen ácido láctico a partir de los azúcares sin la formación de productos secundarios.

Fermentación acética. Es producida por microorganismos del grupo coliformes. Su temperatura óptima es de 18 a 25°C. Producen ácido acético de escaso valor en el proceso de ensilaje. Este ácido, junto con el propiónico, son los responsables del olor y sabor a vinagre. (Peñagaricano et al, 24).

Fermentación butírica. Es producida por microorganismos del grupo Clostridium y son tanto aerobios como anaerobios. Se desarrollan a temperaturas de 10 a 40°C. Su pH es de 4 a 5 e inhiben su crecimiento a un pH inferior de 4. Estas bacterias además de producir butirato, descomponen las proteínas en amoníaco y productos amoniacales de escaso valor nutritivo para el animal. El butirato es el responsable del olor parecido a una mezcla de manzanilla rancia y pescado descompuesto. De los ácidos descritos-

anteriormente, son deseables el acético, el láctico y el propiónico. Cuando existe una producción adecuada de estos ácidos, pero - en particular de ácido láctico, se inhibe el crecimiento de los - microorganismos productores de ácido butírico, por lo que siempre es recomendable favorecer la formación de ácido láctico. Fermentación alcohólica. Es otra de las reacciones que tiene lugar en el ensilado. El alcohol es una sustancia intermedia que se produce en el ensilado. El alcohol es una sustancia intermedia que se -- produce en el ensilaje y su presencia es característica cuando -- los azúcares son atacados por las enzimas de la levadura. El estado final del alcohol es un éster de olor agradable, por lo que su concentración en estado puro, siempre es baja, (Watson y Smith, - 1974).

31

2.3.3 Usos del ensilaje

¹⁶
Linn et al (1975) utilizaron dos tipos de plantas acuáticas - (Myriophyllum exalbescens) y (Potamogeton pectinatus) y probaron la digestibilidad y palatabilidad, así como el valor nutritivo de las mismas. La palatabilidad de estas plantas afecta el consumo - (menos de 600 g. de materia seca/día en borregos). Estas plantas se ensilaron y se ofrecieron en dos diferentes dietas, una contenía 50% de Myriophyllum y 50% de alfalfa deshidratada y la otra - dieta con 50% de Potamogeton y la misma proporción de alfalfa deshidratada. La digestibilidad de la materia seca y de la proteína cruda fue mayor para Myriophyllum (43.8 y 46.0%) que para Potamogeton (43.4 y 44.1) respectivamente; lo mismo sucedió con la --- energía digestible con 53.7% para Myriophyllum y 47.4% para Potamogeton. Los resultados de estos estudios indican que ni la desecación ni el ensilaje son los procesos más adecuados para incrementar la palatabilidad de estas plantas.

⁷
Braman y Abe (1977) determinaron el efecto de la concentración y duración del aditivo sobre el tripo quebrado. Los aditivos empleados fueron los hidróxidos de sodio, potasio y de amonio. --

Los tres aditivos mejoraron la digestibilidad de la materia seca. El porcentaje de fibra detergente ácido, lignina, hemicelulosa y demás constituyentes de la pared celular decrecieron cuando se incrementó la concentración de los aditivos.

Alpuche y Ferreiro (1976) ensilaron la caña quemada con 4 diferentes tratamientos: A) caña más urea; B) caña más urea y amoníaco; C) caña más urea y miel final y D) caña sin aditivos. Los resultados indican que la caña quemada puede ensilarse exitosamente, y que el mejor aditivo fue una mezcla de miel/urea.

El ensilaje de la punta de caña requiere de una fuente de nitrógeno fermentable y de un aditivo para neutralizar y/o amortiguar el pH. Boodoo et al (1977) hicieron investigaciones al respecto, adicionando a la punta amoníaco en miel final, urea e hidróxido de calcio. Los resultados indican que la punta ensilada sola, pierde muchos azúcares solubles en forma de material volátil, asimismo, la mejor mezcla fue la de miel/amoníaco.

Alvarez et al (1977) utilizaron caña fresca, caña ensilada con miel/amoníaco y caña ensilada sin aditivo, llegaron a la conclusión de que no hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en los animales usados, en términos de ganancia de peso, consumo de materia seca o conversión alimenticia. Sin embargo, hubo una mejor tendencia con la caña ensilada con miel/amoníaco, así como una menor respuesta con la caña ensilada sola.

Ferreiro et al (1979) analizaron el efecto de la suplementación con forraje de alta calidad y proteína sobrepasante, como pulidura de arroz, además de la dieta básica consistente en pulpa de henequén ensilada sin aditivos. Los resultados indican que hubo un incremento en el consumo voluntario y en la ganancia de peso vivo al suministrar el forraje ramón (Brosium alicastrum) y la

pulidura de arroz, siendo mayor la respuesta al proporcionar los elementos juntos; la limitante principal de la pulpa ensilada sin aditivos, es la pérdida de los carbohidratos solubles, por lo que es necesario suplementarlos. Debido a la pérdida que experimentan los carbohidratos solubles de la pulpa de henequén al ser ensilada sin aditivos, Godoy et al (1979a) agregaron hidróxido de amonio al momento de ensilar la pulpa. Los resultados demuestran la estabilización del pH, así como una importante reducción en la fermentación de los carbohidratos solubles, impidiendo la degradación de éstos a productos de escaso valor nutritivo para los rumiantes. En otro trabajo Godoy et al (1979b), aplicaron a la pulpa del henequén una solución de miel/amonio, ensilando la pulpa con y sin aditivo. Los animales empleados recibieron además un suplemento de torta de girasol. Los animales que recibieron la pulpa ensilada con aditivo, mostraron un mejor comportamiento en relación a índice de consumo y conversión alimenticia. Los resultados ponen de manifiesto que el mejor comportamiento se debió a -- que hubo una mayor concentración de azúcares al ser preservados -- éstos con una solución de miel/amonio.

Ferreiro et al (1978) utilizaron pulpa fresca de henequén en novillos, los que distribuyeron en 4 tratamientos: A) pulpa fresca; B) pulpa fresca más un concentrado; C) pulpa fresca más estrella africana y D) pulpa fresca más estrella agricana más concentrado. Los resultados indican que hubo un aumento en la tasa de recambio de líquido ruminal y por lo tanto un mayor flujo del rumen al agregar a la pulpa el pasto y el concentrado, aumentando con ello el consumo total.

Yerena et al (1978) usaron borregos para probar la digestibilidad y consumo voluntario del bagazo y pulpa de henequén. Tanto el consumo voluntario de materia seca, como de materia seca digestible, fue inferior en bagazo y pulpa de henequén comparado con Leucaena leucocephala, Brosium alicastrum y Cenchrus ciliare

2.4 Digestibilidad.

En trabajos desarrollados por Bender et al (1971)⁵ se postuló que el bagazo de la caña de azúcar posee un arreglo de los carbohidratos estructurales, similar al existente en la madera seca. Por tal motivo, se espera que al ser empleado en la alimentación animal se obtenga un aprovechamiento energético similar al desprendimiento calórico al ser incinerada la madera. En otro trabajo Triana et al (1975)³⁰ trataron el bagazo de caña con ácido clorhídrico a diferentes concentraciones y a diferentes lapsos de tiempo de reacción. Los resultados indican que en la hidrólisis efectuada se observó poco desgaste mecánico de las fibras celulósicas, se determinó además, que en los regímenes de hidrólisis -- que se efectuaron por su carácter benigno y selectivo, constituyen una degradación parcial de la celulosa inicial.

Wong et al (1973)³³ trataron el bagazo de caña con vapor y alta presión, con lo que teóricamente alcanzaba su máximo valor alimenticio. Este bagazo era mezclado con urea y melaza y se ofreció a un grupo de vacas en producción y gestación. Los resultados indican que es posible cubrir los requerimientos de mantenimiento y reproducción, más no así los de producción de leche ni los de crecimiento, necesitándose en ambos casos la suplementación, sobre todo de energía. Un trabajo similar fue el desarrollado por Naidoo et al (1976)²¹ quienes trataron el bagazo de caña a alta presión, con lo que aumentaron su digestibilidad debido a la ruptura por hidrólisis de las hexosanas y pentosanas a azúcares solubles. El bagazo así obtenido se utilizó en 4 tratamientos: A) bagazo -- más miel, urea y minerales; B) bagazo más miel, urea, minerales y harina de pescado; C) bagazo más miel, urea, minerales y harina de maíz; D) bagazo más miel, urea, minerales, harina de pescado y harina de maíz. Los resultados ponen de manifiesto el efecto positivo de la suplementación, tanto protética como energética, sobre la conversión alimenticia.

17
Mapoon et al (1977) utilizaron el bagazo de caña en 5 diferentes tratamientos: A) bagazo más concentrado rico en protefna; B) bagazo más miel, urea y pasta de cacahuete; C) bagazo más --- miel urea y maíz; D) bagazo más miel, urea, maíz y torta de cacahuete E) bagazo más pasta de cacahuete; F) hierba fresca como -- control. El tratamiento control fue inferior significativamente a los tratamientos de bagazo y suplementos protéicos, pero no -- existieron diferencias entre ellos.

8
Dinus y Bond (1975) utilizaron pulpa de madera con aditivo de tiosulfato de amonio y probaron su digestibilidad en novillos y en vaquellas preñadas. Se encontró que la celulosa de la pulpa de la madera tenía una digestibilidad de 92.8% y la protefna cruda de la parte del alimento de la pulpa, poseía una digestibilidad de 61.4%. En estudios subsecuentes se ofreció una dieta a un grupo de novillos consistente en un 75% de pulpa y se comparó -- con otra dieta que contenía un 75% de pasto henificado. Los novillos alimentados con pulpa tuvieron un pH ruminal más bajo así como una concentración mayor de ácidos grasos volátiles, que los alimentados a base de pasto henificado. Los mismos investigadores encontraron que al ser proporcionadas las dos raciones diferentes a dos grupos de vaquellas preñadas, no existieron diferencias en ganancias de peso, peso al nacer y problemas al parto. - No se presentó ningún problema en los animales alimentados con pulpa de madera.

23
Paulino et al (1976) utilizaron diferentes tratamientos de punta y tallo de caña para analizar su digestibilidad, siendo éstos: A) tallo de caña suplementada con urea, minerales y pulidura de arroz; B) tallo de caña más urea y minerales; C) punta de caña picada más urea, minerales y pulidura de arroz y D) punta de caña más urea y minerales. Los resultados demuestran que la pulidura de arroz aumentó significativamente el consumo voluntario, pero no la digestibilidad de la caña en ningún caso.

10

Ferreiro y Preston (1976) analizaron el efecto de diferentes proporciones de tallo y punta respecto al comportamiento animal. Todos los niveles fueron suplementados con pulidura de arroz, urea, minerales y miel final. Los resultados obtenidos indican que hubo una menor digestibilidad para punta que para tallo, no obstante, hubo una mejor respuesta con una mayor proporción de punta sobre el tallo, tanto en conversión como en ganancia diaria.

25

Salais et al (1977) evaluaron diferentes formas de suministrar la punta de caña, siendo proporcionada a los animales en los siguientes tratamientos: A) punta de caña picada con machete, B) punta de caña molida; C) punta picada con machete más tallo rociado con solución agua/urea; D) punta molida más tallo rociado con solución agua/urea. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que no existieron diferencias significativas entre los animales de los diferentes tratamientos, aunque se observó un mejor consumo con punta cortada con machete, que en la punta molida.

20

Montpellier y Preston (1977b) observaron el efecto del tamaño de partícula del tallo de caña, usando para picarlo una máquina de alta velocidad y un machete, con lo que se obtenían partículas de 4 y 20 mm respectivamente. A los animales empleados se les suministró la misma cantidad de nutrientes suplementarios. Al final se observó que ni el consumo voluntario ni la digestibilidad de la materia seca mostraron diferencias significativas atribuibles al tamaño de la partícula.

19

Montpellier y Preston (1977a) postularon que la corteza por ser la parte más lignificada de la caña de azúcar, impedía índices más altos de digestibilidad, por lo que al eliminarla, se incrementaría la digestibilidad, y habría un mejor comportamiento animal, hecho que no se demostró del todo, pues aunque la digestibilidad se incrementó en un 18%, el consumo de materia seca disminuyó en la misma proporción y el comportamiento animal no fue el esperado.

²³
Paulino et al (1976b) utilizaron diferentes niveles de miel final con urea al 2.5%. Los niveles empleados fueron 0, 10, 20 y 30% de la ración, complementada ésta con caña de azúcar integral picada. Todos los animales recibieron suplemento protéico y minerales. Los resultados indican que la digestibilidad de la materia seca se incrementó significativamente al incrementarse el nivel de miel, lo mismo sucedió con el índice de consumo voluntario.

¹²
Ferreiro et al (1977) analizaron la digestibilidad de la caña madura e inmadura. Además de la caña, los animales recibieron urea y pulidura de arroz. Los resultados ponen de manifiesto la superioridad de la caña madura sobre la inmadura en términos de ganancias de peso y conversión alimenticia.

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización geográfica.

El presente estudio se llevó a cabo en la Posta Pecuaria de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, en los Belenes, Municipio de Zapopan, Jalisco, con una Latitud de $20^{\circ}14'$ N y $103^{\circ}20'$ Longitud Oeste, a una altura de 1,500 m.s.n.m., con temperatura máxima de 30°C , mínima de 5.5 y media de 18°C .

3.2 Ensilaje y muestreos.

El bagazo de Agave tequilana se obtuvo del poblado de Amatián Jalisco.

Los análisis químico-bromatológicos se realizaron en el Laboratorio de Ayuda Técnica a la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago.

El bagazo se ensiló en tambos de 200 lts. de capacidad en 3 tamaños de partículas diferentes:

A) Se ensiló el bagazo en su tamaño original de aproximadamente 9.0 cm de longitud.

B) Se ensiló el bagazo dividiendo la partícula original en dos partes de aproximadamente 4.5 cm de longitud.

C) Se ensiló el bagazo dividiendo la partícula original en tres partes de aproximadamente 3.0 cm de longitud.

Se utilizaron 4 tambos por tamaño de partícula, esto es, un total de 12 tambos.

A cada tambo se le cubrió el interior con plástico, para evitar que el material estuviera en contacto con las paredes del mismo, depositando aproximadamente 50 kg. de material en cada uno.-- El bagazo se compactó perfectamente en capas de 8 a 10 cm de espesor para evitar que quedase aire en el interior.

El material se ensiló el 14 de Enero de 1980, tomándose una muestra del mismo, a la que se le hicieron las siguientes determinaciones: pH, carbohidratos solubles, carbohidratos estructurales (fibra bruta), proteína bruta, extracto etéreo, cenizas, humedad y extracto no nitrogenado (por diferencia).

Posteriormente cada 14 días se tomaron muestras de cada tambo y se les determinó el pH, carbohidratos solubles y fibra bruta, hasta completar 5 períodos incluido el inicial o testigo, concluidos éstos el 11 de Marzo de 1980.

3.3 Técnicas empleadas en las diferentes determinaciones

Las determinaciones de materia seca, fibra bruta, extracto etéreo, extracto no nitrogenado y cenizas, se hicieron con base al análisis proximal o Método de Weende (Becker, 1961). Los carbohidratos solubles se determinaron por el método de Eynon-Lane con solución de Fehling (A.O.A.C., 1950), el pH se obtuvo por el método del potenciómetro.

⁴ 3.4 Diseño experimental

Para el análisis e interpretación de los datos se utilizó un diseño completamente al azar con un factorial 3 X 5 con 4 repeticiones, utilizándose el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}, \text{ pero como } T_i = P_i + t_j + (Pt)_{ij}$$

$$Y_{ij} = \mu + P_i + t_j + (Pt)_{ij} + E_{ij}$$

donde, Y_{ij} = un valor x ; u = es la media del valor;

P_i = efecto del período i ésimo; t_j = efecto del tamaño de partícula j ésimo; $(Pt)_{ij}$ = efecto de la interacción período/tamaño de partícula ij ésimo; E_{ij} = error experimental.

Tamaños de partícula: 9.0, 4.5 y 3.0 cm.

Muestreo: 0, 14, 28, 42 y 56 días.

Dando un total de 15 tratamientos, quedando éstos de la siguiente manera:

Tratamiento número	Tamaño de partícula (cm)	Período de muestreo (días)	Combinación
I	3.0	0	3.0 - 0
II	3.0	14	3.0 - 14
III	3.0	28	3.0 - 28
IV	3.0	42	3.0 - 42
V	3.0	56	3.0 - 56
VI	4.5	0	4.5 - 0
VII	4.5	14	4.5 - 14
VIII	4.5	28	4.5 - 28
IX	4.5	42	4.5 - 42
X	4.5	56	4.5 - 56
XI	9.0	0	9.0 - 0
XII	9.0	14	9.0 - 14
XIII	9.0	28	9.0 - 28
XIV	9.0	42	9.0 - 42
XV	9.0	56	9.0 - 56

IV RESULTADOS

Como se podrá observar en el cuadro 1, existieron diferencias altamente significativas entre tratamientos y periodos de muestreo, por lo que se procede a efectuar la prueba de rango múltiple de Duncan.

Cuadro 1. Análisis de varianza para pH., tamaño de partícula, período de muestreo e interacción período/tamaño de partícula.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	(14)	(1.34554)	(0.09611)	(33.841)	1.92	2.52 **
Tam. de par.	2	0.00337	0.00168	0.593	3.21	5.18 NS
Per. de mues.	4	1.32723	0.33180	116.830	2.61	3.83 **
I. T/P	8	0.01494	0.00186	0.654	2.18	2.99 NS
Error	45	0.12806	0.00284			
Total	59	1.47360				

** Altamente significativo

NS No Significativo

C.V. = 1.36%

Cuadro 2. Prueba de rango múltiple de Duncan entre tratamientos para valores de pH.

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
pH observ.	4.1a	4.1a	3.85bc	3.81bc	3.78bc	4.1a	4.13a	3.85bc
Tratamiento	IX	X	XI	XII	XIII	XIV		XV
pH observ.	3.76bc	3.78bc	4.1a	4.06a	3.86b	3.79bc		3.74c

Del cuadro 2 se deduce que no existen diferencias entre los tratamientos I, II, VI, VII, XI y XII, siendo diferentes a los -

demás. No existieron diferencias entre los tratamientos III, IV, V, VIII, IX, XIV y XV, pero sí entre los restantes ($p < 0.01$).

Cuadro 3. Prueba de rango múltiple de Duncan entre períodos de muestreo, para valores de pH.

Períodos de muestreo	0	1	2	3	4
pH observ.	4.1a	4.1a	3.85b	3.79bc	3.76c

En el cuadro 3 se observa que no existen diferencias entre los períodos 0 y 1, siendo éstos diferentes a los demás. Asimismo observamos diferencias entre los períodos 2 y 4, no así para el período 3 ($p < 0.01$)

Cuadro 4. Análisis de varianza para carbohidratos solubles base húmeda, tamaño de partícula, período de muestreo e interacción período/tamaño de partícula.

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos	(14)	(293.381)	(20.956)	(1486.24)	1.92	2.52**
Tam. de part.	2	0.019	0.0095	0.673	3.23	5.18NS
Per. de mues.	4	293.264	73.3160	5199.716	2.61	3.83**
I. P/T	8	0.098	0.0122	0.865	2.18	2.99**
Error	45	0.635	0.0141			
Total	59	294.016				

** Altamente significativo

NS No Significativo

C.V. = 5.46%

En el cuadro 4 observamos diferencias altamente significativas entre tratamientos y entre periodos de muestreo, por lo que se procedió a aplicar la prueba de rango múltiple de Duncan para conocer tales diferencias.

Cuadro 5. Prueba de rango múltiple de Duncan entre tratamientos, para valores de carbohidratos solubles base húmeda, -- (como % de M.S.).

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
car. sol. bh.	6.6a	1.23b	0.98c	0.98c	1.08bc	6.6a	1.2bc	0.98c
Tratamientos	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	
car. sol. bh.	1.13bc	1.13bc	6.6a	1.08bc	1.03bc	1.0bc	1.13bc	

Como se observa en el cuadro 5, no existen diferencias entre los tratamientos I, VI y XI, siendo éstos diferentes a los demás ($p < 0.01$).

Cuadro 6. Prueba de rango múltiple de Duncan entre periodos de muestreo, para carbohidratos solubles base húmeda, (como % de M.S.)

Periodos	0	1	2	3	4
car. sol. bas. seca	6.6a	1.17b	1.00c	1.03c	1.11bc

En el cuadro 6 se advierte que el periodo 0 es diferente a los demás periodos, siendo semejante el periodo 4 a los periodos 1, 2 y 3 y diferentes todos los demás ($p < 0.01$)

Cuadro 7. Análisis de varianza para carbohidratos solubles base-seca, tamaño de partícula, período de muestreo e interacción período/tamaño de partícula

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos (14)		(1357.391)	(96.955)	(1712.999)	1.92	2.52 **
Tam. de part.	2	0.1330	0.0665	1.174	3.23	5.28 NS
Per. de mues.	4	1356.6260	339.1560	5992.155	2.61	3.83 **
I. T/P	8	0.6220	0.0777	1.372	2.18	2.99 NS
Error	45	2.5475	0.0566			
Total	59	1359.9285				

** Altamente significativo

NS No Significativo

C.V. = 4.86%

En el cuadro 7 se observan diferencias altamente significativas entre tratamientos, así como también entre períodos de muestreo. Para encontrar los tratamientos y períodos que son diferentes entre sí, se desarrolla a continuación la prueba de rango múltiple de Dundan.

Cuadro 8. Prueba de rango múltiple de Duncan entre tratamientos, para valores de carbohidratos solubles base seca, (como % de M.S.)

Tratamiento	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
c.s.b.s.	14.4a.	2.98b	2.4d	2.55d	2.48cd	14.4a.	2.93bc	2.4d
Tratamiento	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	
c.s.b.s.	2.55bc	2.48cd	14.4a	2.53bc	2.5bc	2.25d	2.5bc	

En el cuadro 8 se observa que los tratamientos I, VI y XI son semejantes entre sí y diferentes a los demás tratamientos, siendo estas semejanzas-

y diferencias las más importantes ($p < 0.01$):

Cuadro 9. Prueba de rango múltiple de Duncan entre periodos de muestreo, para carbohidratos solubles base seca, (como % de M.S.):

Periodos car. sol ¹ bas. seca ¹	0	1	2	3	4
	14.4a	2.81b	2.43c	2.35c	2.48c

Son pocas las diferencias que se advierten en el cuadro 9, se observa que el periodo 0 es diferente a los demás periodos, al igual que el periodo 1. Los periodos 2, 3 y 4 son semejantes entre sí ($p < 0.01$).

Cuadro 10. Análisis de varianza para carbohidratos estructurales base húmeda, tamaño de partícula, periodo de muestreo e interacción periodo/tamaño de partícula.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos (14)		(30.5535)	(2.1823)	(3.1696)	1.92	2.52 **
Tam. de part. 2		6.4115	3.2057	4.6560	3.23	5.18 *
Per. de muestr. 4		19.6451	4.9112	7.1331	2.61	3.83 **
I. T/P 8		4.4969	0.5621	0.8164	2.18	2.99 NS
Error	45	30.9825	0.6885			
Total	59	61.5360				

** Altamente significativo

* Significativo

NS No Significativo

C.V. = 4.75%

En el cuadro 10 se advierten diferencias significativas, en

tre los tamaños de partícula, además, se observan diferencias altamente significativas entre tratamientos y entre períodos de muestreo, por lo que se prosigue con la prueba de rango múltiple de Duncan.

Cuadro 11. Prueba de rango múltiple de Duncan entre tratamientos, para valores de carbohidratos estructurales base húmeda, (como % de M.S.)

Tratamientos	I	II	III	IV	V
c.e.b.h.	16.7bc	16.53c	17.28bc	17.85abc	17.03bc
Tratamiento	VI	VII	VIII	IX	X
c.e.b.h.	16.7bc	17.0bc	17.95abc	18.1ab	17.38bc
Tratamientos	XI	XII	XIII	XIV	XV
c.e.b.h.	16.7bc	17.85abc	17.53bc	19.23a	18.08abc

En el cuadro 11 se observa que el tratamiento II y el XIV son diferentes entre sí, también son diferentes entre sí los tratamientos II y IX, todas las demás posibles combinaciones son semejantes entre sí ($p < 0.01$).

Cuadro 12. Prueba de rango múltiple de Duncan entre períodos de muestreo, para carbohidratos estructurales base húmeda, (como % de M.S.)

Períodos	0	1	2	3	4
c.e.b.h.	16.7a	17.13a	17.58ab	18.43b	17.49a

Se puede observar en el cuadro 12 que el período 3 es diferente a los demás períodos, siendo éstos semejantes entre sí ($p < 0.01$).

Cuadro 13. Prueba de rango múltiple de Duncan entre tamaños de partícula, para carbohidratos estructurales base húmeda, (como % de M.S.)

Tamaño de partícula	I	II	III
c.e.b.h.	17.08a	17.45ab	17.88b

En el cuadro 13 se observa que el tamaño de partícula II es semejante a los tamaños de partícula I y III, siendo estos últimos diferentes entre sí ($p < 0.05$).

Cuadro 14. Análisis de varianza para carbohidratos estructurales base seca, tamaño de partícula, período de muestreo e interacción período/tamaño de partícula

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Tratamientos (14)		(269.518)	(19.251)	(36.7741)	1.92	2.52 **
Tam. de part.	2	5.307	2.6535	2.0687	3.23	5.18 *
Per. de mues.	4	259.202	64.8005	123.7830	2.61	3.83 **
I.T/P	8	5.009	0.6261	1.1959	2.18	2.99 NS
Error	45	23.559	0.5235			
Total	59	193.077				

** Altamente significativo

* Significativo

NS No Significativo

C.V. = 1.79%

En el cuadro de análisis de varianza podemos advertir que existen diferencias significativas entre tamaños de partícula; diferencias altamente significativas entre tratamientos y entre períodos de muestreo, por lo que se procede a realizar la prueba de rango múltiple de Duncan, (cuadro 14).

Cuadro 15. Prueba de rango múltiple de Duncan entre tratamientos para carbohidratos estructurales base seca, (como % de M.S.)

Tratamiento	I	II	III	IV	V	VI	VII
c.e.b.s.	36.5d	40.85c	41.83a	41.58a	40.1cd	36.5d	40.95c
Tratamiento	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
c.e.b.s.	42.4a	41.95a	39.38c	36.5d	42.0a	42.45a	42.2a
							40.98bc

En el cuadro 15 se observa que los tratamientos III, IV, VIII, IX, XII, XIII y XIV, son iguales entre sí y diferentes a los tratamientos restantes ($p < 0.01$).

Cuadro 16. Prueba de rango múltiple de Duncan entre periodos de muestreo, para carbohidratos estructurales base seca, (como % de M.S.)

Periodos	0	1	2	3	4
c.e.b.s.	36.5a	41.25b	42.23c	41.91bc	10.15d

En el cuadro 16 se observan diferencias entre el periodo 0 y los demás periodos, los periodos 2 y 3 son semejantes entre sí, lo mismo que los periodos 1 y 3, todos los demás son diferentes ($p < 0.01$).

Cuadro No. 17. Prueba de rango múltiple de Duncan entre tamaños de partícula, para carbohidratos estructurales base seca, (como % de M.S.).

Tamaño de partícula	I	II	III
c.e.b.s.	40.16a	40.24a	40.83b

En el cuadro 17 se observa que no existen diferencias entre los tamaños de partícula I y II, pero ambos son diferentes al tamaño de partícula III ($p < 0.05$).

5.1 Prueba de hipótesis

Como hipótesis inicial se planteó la posibilidad de que al existir una fermentación bacteriana en el ensilaje, ésta diera como resultado la ruptura de los enlaces existentes entre los componentes de la fibra del bagazo del Agave tequilana. El grado de ruptura iba a quedar determinado por el tamaño de partícula de la fibra, puesto que es ampliamente conocido el hecho de que al aumentar la superficie de acción, aumentará la acción bacteriana sobre el material ensilado (McDonald et al, 1975; Wernli, 1975). Esta ruptura de enlaces se reflejaría en la concentración de carbohidratos solubles, es decir, al ser rotos los enlaces entre los diferentes constituyentes de la fibra, daría como resultado una acumulación de las unidades monoméricas de que se forman tales componentes. Este fenómeno fue comprobado solo en parte, pues aunque la fibra bruta tendió a descender después de una concentración en los 3 períodos iniciales, no sucedió lo mismo con los carbohidratos solubles, en que supuestamente se reflejaría la degradación de la fibra, puesto que al momento de ensilar se contaba con un 14.4% de carbohidratos solubles en el bagazo (base seca), los que al finalizar el experimento se redujeron a un 2.5% aproximadamente, datos similares fueron obtenidos por Godoy et al, (1979a). Lo anterior quiere decir que si se presentó una degradación de la fibra, la que necesariamente debió finalizar en los compuestos monoméricos específicos que la integran, así como en algunos oligosacáridos, debió existir una fermentación de los carbohidratos solubles a una velocidad superior a aquella con que eran degradados los carbohidratos estructurales, fenómeno que impidió que al momento de hacer la cuantificación de aquellos, no se detectara ningún incremento sustancial. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Godoy et al (1979a) y Ferreiro et al (1979) en pulpa de henequén y por Boodoo et al

6
(1977) en punta de caña. En todos estos casos se adicionó un aditivo para estabilizar el pH y de esta manera conservar los carbohidratos solubles presentes en los diferentes materiales. De no ocurrir tal estabilización, los carbohidratos solubles se convertirían en compuestos de escaso valor nutritivo para los rumiantes como ácidos orgánicos, alcoholes, ésteres, etc., por lo que se hace indispensables el uso de aditivos específicos tales como la mezcla de miel/amoníaco.

6 5.2 Efecto del tamaño de la partícula

Se observó que existió una mayor degradación de la fibra en el tamaño de partícula de 3.0 cm. en los diferentes períodos de muestreo, lo que confirma la hipótesis que se planteó, en el sentido de que al aumentar la superficie de contacto, o lo que es lo mismo, al aumentar el número de cortes de la partícula original, habría una mayor degradación de los carbohidratos estructurales presentes al momento de ensilar. Sin embargo, el tamaño de partícula no fue significativo ni para carbohidratos solubles ni para pH. La explicación tentativa de este fenómeno es que la producción de carbohidratos solubles a expensas de la degradación de los carbohidratos estructurales fue tan pequeña que no afectó la concentración final, en los diferentes tamaños de partícula.

6 5.3 Efecto del período de muestreo

Se comprobó el efecto decisivo del período de muestreo sobre el pH, carbohidratos solubles y carbohidratos estructurales. Al aumentar los períodos de muestreo, esto es, al incrementarse el tiempo posterior al ensilaje, tienen lugar los siguientes cambios:

6 5.3.1 Efecto del período de muestreo sobre el pH.

El pH descendió debido a la producción de diferentes ácidos orgánicos

nicos como el láctico, acético, propiónico, etc., como consecuencia de la fermentación de los carbohidratos solubles. Se advierte un descenso paulatino en los primeros 3 períodos, el que aparentemente se estabiliza en el último período de muestreo.

⁶
5.3.2 Efecto del período de muestreo sobre los carbohidratos solubles.

Los carbohidratos solubles decrecen en el primer período de muestreo en un 80% aproximadamente, en los dos siguientes períodos se observa una disminución pequeña, la que desaparece en el último período, e inclusive se advierte cierta tendencia a incrementarse el porcentaje de los mismos.

⁶
5.3.3 Efecto del período de muestreo sobre los carbohidratos estructurales.

Los carbohidratos estructurales incrementaron su proporción en los dos primeros períodos en aproximadamente 5 unidades (base seca), como consecuencia de la fermentación y volatilización de los carbohidratos solubles en el penúltimo período de muestreo - se estabilizan y decrecen en aproximadamente 2 unidades en el último muestreo.

VII
VI CONCLUSIONES

1. No es recomendable ensilar el bagazo de maguey (Agave tequilana), pues al hacerlo se pierde aproximadamente un 80% de los carbohidratos solubles existentes en el material.
2. Aún cuando existe una degradación de los carbohidratos estructurales afectada en mayor grado por el tamaño de la partícula y el período de muestreo, esta pérdida no se refleja en la concentración de los carbohidratos solubles.
3. En el caso de ensilar estos productos con base a la literatura revisada, se recomienda adicionar aditivos.
4. Se puede establecer con base a lo anterior, que el presente trabajo proporciona mayor utilidad científica que práctico-comercial, ya que puede ser el eslabón con que se inicie -- una larga cadena de ensayos y experimentos que conduzcan a resultados más prácticos y objetivos.

VIII VII RESUMEN

Introducción.

En el Estado de Jalisco la industria tequilera tiene gran importancia, pues mensualmente se procesan 31 mil toneladas de material para la elaboración del tequila. En el proceso de elaboración encontramos como subproducto el bagazo del agave, el que contiene un 6.6% de carbohidratos solubles, lo que representa un promedio de 1,200 toneladas de carbohidratos solubles que se eliminan sin recapacitar en su importancia. El objetivo de este trabajo es el de incrementar el grado de aprovechabilidad de los carbohidratos estructurales mediante el método del ensilaje.

El material se ensiló en tres tamaños de partícula de 9.0, - 4.5 y 3.0 cm aproximadamente, habiéndose muestreado el material cada 14 días, hasta completar 5 períodos junto con el inicial o testigo. El material se depositó en tambos de 200 lts., colocándose 50 kg. aproximadamente de bagazo en cada tambo. Se destinaron 4 tambos por tamaño de partícula.

Los resultados demuestran que la degradación de los carbohidratos estructurales queda determinada por el tamaño de partícula, así como por el período de muestreo, mas esta degradación no se refleja en la concentración de los carbohidratos solubles, los que se fermentan a una velocidad superior a aquella con que son degradados los carbohidratos estructurales.

Se deben proseguir experimentos con el mismo material, adicionándose algún tipo de aditivo, para evitar que los carbohidratos solubles se conviertan en substancias de poco valor para el rumiante.

IX
VIII BIBLIOGRAFIA

1. Alpuche, O.M. y H.M. Ferreiro. 1976. Ensilaje de la caña de azúcar quemada con varios aditivos. Producción Animal Tropical 2: 113.
2. Alvarez, F.J., A. Priego y T.R. Preston. 1977. Comportamiento animal en caña de azúcar ensilada. Producción Animal Tropical 2: 27-33
3. A.O.A.C. 1950. Eynon-Lane modification of Soxhlet for solution of Fehling. Editorial Board 7h. Edition pp 532-533.
4. Becker, M. 1961. Análisis y valoración de piensos y forrajes. Editorial Acirbia, 2a. Edición pp 20-27.
5. Bender, F., D.P. Heany and A. Bownden. 1971. Potential of steamed wood as a feed for ruminants. Forest products J. 20-36: 26.
6. Boodoo, A.A., J.C., Delaitre y T.R. Preston. 1977. Puntas de caña ensiladas con varios aditivos. Producción Animal Tropical 2: 188-191.
7. Braman, W.L. and R.K. Abe. 1977. Laboratory and in vivo evaluation of the nutritive value of NaOH-treated wheat straw. J. An. Sci. 46: 496-504.
8. Dinus, D.A. and J. Bond. 1975. Digestibility, ruminal parameters and growth by cattle fed a waste wood pulp. J. An. Sci. 41: 627-633.
- 9.- Ferreiro, H.M., R. Elliott, V. Ríos y T.R. Preston. 1978. Runció n y fermentaci3n animal en dietas basadas en pulpa de henequén. Producci3n Animal Tropical 3: 65-69.

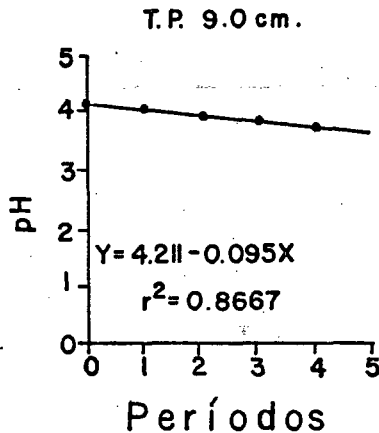
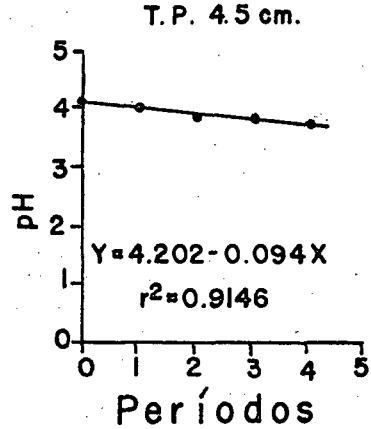
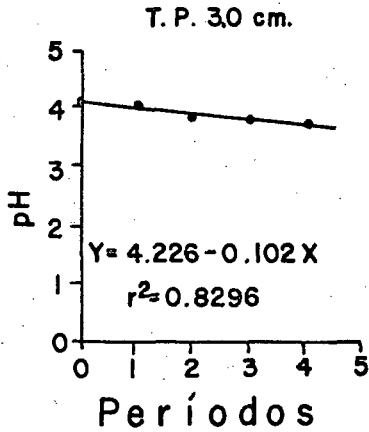
10. Ferreiro, H.M. y T.R. Preston. 1976. Engorda de Ganado con caña de azúcar: efecto de diferentes proporciones de tallo y punta. *Producción Animal Tropical*: 186-193.
11. Ferreiro, H.M., T.R. Preston y F. Herrera. 1979. Subproductos del henequén como alimento para el ganado: efecto de la suplementación de la pulpa ensilada con pulidura de arroz y ramón Brosium alicastrum sobre crecimiento, digestibilidad y tasa de entrada de glucosa *Producción Animal Tropical* 4: 71-75.
12. Ferreiro, H.M., T.R. Preston y T.M. Sutherland. 1977. Digestibilidad de tallo y puntas de caña de azúcar madura y tierna. *Producción Animal Tropical*. 2: 104-108.
13. Godoy, R., R. Elliott y T.R. Preston. 1977a. Efectos del hidróxido de amonio en el contenido total de azúcar y pH de pulpa y bagazo de henequén ensilados. *Producción Animal Tropical* 4: 92.
14. Godoy, R., R. Elliot y T.R. Preston. 1979b. Comportamiento de novillos alimentados con pulpa de henequén ensilada sin o con amoníaco/melaza. *Producción Animal Tropical* 4: 125-129.
15. Libby, C.A. 1969. Ciencia y tecnología sobre pulpa y madera C.E.C.S.A., 2a. Edición I: 39-113.
16. Linn, J.C., R.D. Goodrich and D.E. Otterby. 1975. Nutritive value of dried or ensiled aquatic plants: II Digestibility by sheep. *J. An. Sci.* 41: 610-614.
17. Mapoon, L.K., C. Delaitre y T.R. Preston. 1977. El valor para la producción de leche de suplementos de mezclas de miel final, bagacillo y urea, y combinaciones de maíz y tortas de maní. *Producción Animal Tropical* 2: 151-153.

18. McDonald, P., R.A. Edward y J.F.D. Greenhalgh. 1975. Nutrición Animal. Editorial Acribia, 1a. Edición pp 357 - 364.
19. Montpellier, F.A. y T.R. Preston. 1977a. Digestibilidad de punta, corteza y tallo descortezado y caña de azúcar integral. Producción Animal Tropical 2: 13-17.
20. Montpellier, F.A. y T.R. Preston. 1977b. Digestibilidad y consumo voluntario de dietas basadas en caña de azúcar: efecto de picar el tallo en diferente tamaño de partícula. Producción Animal Tropical 2: 40-44.
21. Naidoo, G., C. Delaitre y T.R. Preston. 1976. Efecto de adicionar grano de maíz y harina de pescado a una dieta basada en bagazo de caña cocinada y urea. Producción Animal Tropical 2: 121.
22. Paulino, J. y N.A. MacLeod. 1976. Digestibilidad y consumo voluntario de punta y tallo de caña de azúcar con y sin suplemento protéico. Producción Animal Tropical 2: 115.
23. Paulino, J., N.A. MacLeod y T.R. Preston. 1976. Digestibilidad y consumo voluntario de mezclas de caña de azúcar con diferentes niveles de miel final. Producción Animal Tropical 2: 114.
24. Peñagaricano, J.A., W. Arias y N.J. Llana. 1985. Ensilaje, manejo y utilización de las reservas forrajeras. Editorial Hemisferio Sur pp 39-85.
25. Salais, F.J., A. Wilson y B. Elliot. 1977. Determinación de la digestibilidad aparente de una ración basada en punta de caña de azúcar. Producción Animal Tropical 1: 178-181.

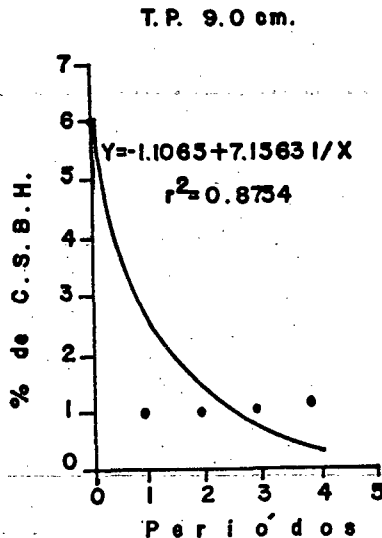
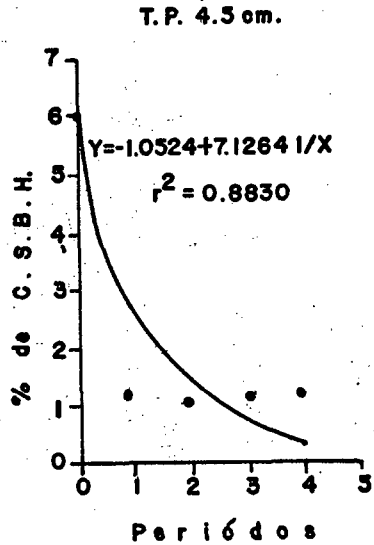
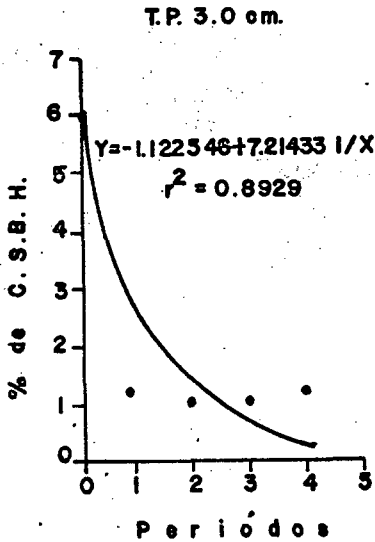
26. Sánchez, S.O. 1969. La flora del Valle de México. Editorial Herrero, S.A., 2a. Edición pp 100-108.
27. S.A.R.H. 1980. Boletín anual de planeación agrícola. Delegación Jalisco.
28. Schweers, W. 1970. In memorias del seminario sobre química y tecnología de carbohidratos de la madera. Impreso en el Instituto de Madera Celulosa y Papel de la Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. (México)- pp 2-15.
29. Sosa de P., E. 1979. Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal, 1a. Edición Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo México pp 1-91.
30. Triana, G., H. Lang, O. Gelabert, R. Morales y M. González. 1975. Investigación de las partículas insolubles producto de la hidrólisis parcial de la celulosa del bagazo de la caña. ICIDCA 9: 18-33.
31. Watson, S.J. y A.M. Smith. 1974. El ensilaje. C.E.C.S.A. - 4a. Edición pp 21-29.
32. Wernli K., C. 1975. El valor nutritivo de los forrajes ensilados: II digestión y eficiencia de utilización. Agricultura técnica INIA Chile. 35: 102-111.
33. Wong, Y.C. 1973. Effect of steam treatment in cane bagasse in relation to its digestibility and furfural production. Paper to be presented at the XV ISSCT Congress Durban South Africa.
34. Yerena, F., H.M. Ferreiro, R. Elliott y T.R. Preston. 1978. Digestibilidad de ramón Brosium alicastrum, Leucaena leucocephala, y pasto buffel Cenchrus ciliaris y pulpa y bagazo de henequén Agave fourcroydes. Producción Animal Tropical 3: 70-73

A P E N D I C E

Graficas de pH, diferentes tamaños de partícula y períodos de muestreo.

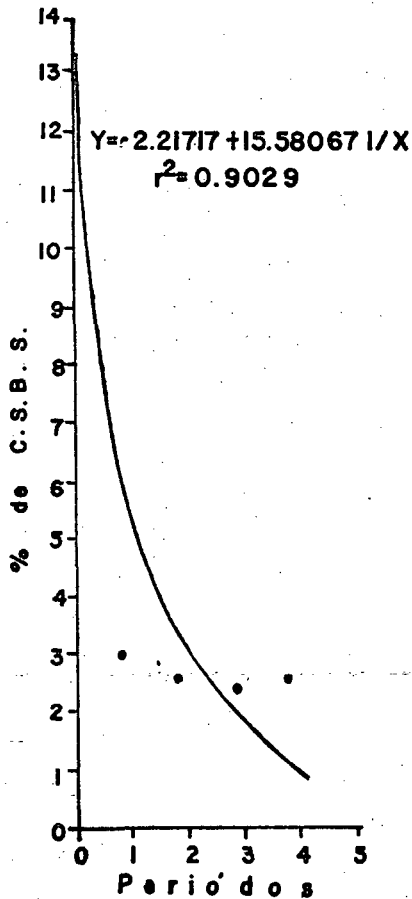


Graficas de carbohidratos solubles base humeda, (como % de M.S.), diferentes tamaños de partícula y períodos de muestreo.

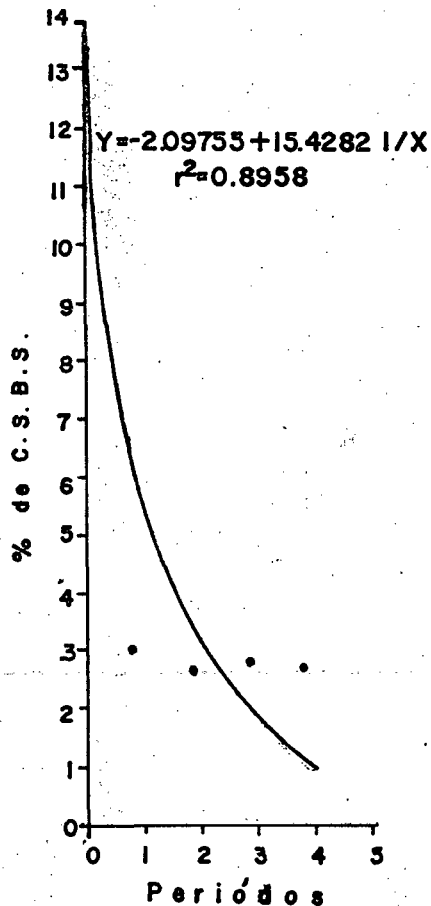


Graficas de carbohidratos solubles base seca, (como % de M.S.), diferentes tamaños de partícula y periodos de muestreo.

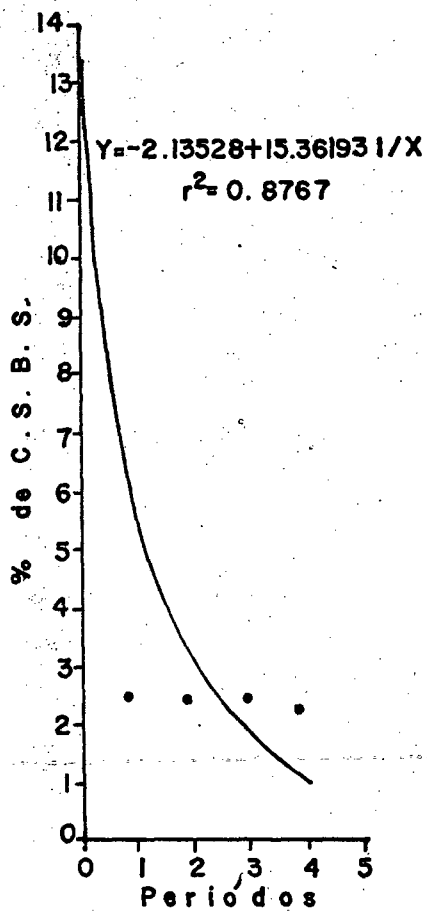
T.P. de 3.0 cm



T.P. de 4.5 cm.



T.P. de 9.0 cm.



Graficas de carbohidratos estructurales base seca, (como % de M.S.), diferentes tamaños de partícula y períodos de muestreo.

