

3
2aj



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LAS TECNICAS
MAS EMPLEADAS EN EL TRATAMIENTO DE
ESQUILMOS AGRICOLAS PARA LA ALIMENTACION
ANIMAL PRODUCIDOS EN LAS DIFERENTES
REGIONES DE LA REPUBLICA MEXICANA

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES - CUAUTITLAN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
CELIA AGUILAR HERRERA

ASESOR. MVZ JORGE L. RICO PEREZ



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	pág.
I . i) Índice de Cuadros	1
ii) Índice de figuras	3
iii) Índice de abreviaturas	4
II. Resumen	5
III. Introducción	6
IV. Revisión.	11
1. Disponibilidad de Subproductos para la alimentación animal .	11
2. Limitantes para la utilización de subproductos agrícolas.	22
V. Técnicas utilizadas en el procesamiento de esquilmos agrícolas.	23
1. Procesamientos Físicos	23
1.1 Molido	23
1.2 Picado	27
1.3 Humedecido	28
1.4 Empastillado	29
1.5 Tratamiento con presión a vapor	29
2. Procesamientos químicos	34
2.1 Revisión de las técnicas que utilizan NaOH para aumentar la calidad de los esquilmos agrícolas.	39

	pág.
2.1.1 Métodos húmedos	39
2.1.2 Métodos secos	43
2.2 Porcentaje de álcali en el tratamiento de los esquilmos.	51
3. Suplementación	54
4. Combinación de procesos físicos y químicos en el tratamiento de esquilmos agrícolas	59
5. Tratamiento de los esquilmos con amoníaco	61
6. Tratamiento de esquilmos con otros compuestos químicos a) Urea b) KOH c) Ca(OH) ₂ .	65
VI. Tratamientos enzimáticos (microbiológicos).	69
VII. Factores que determinan el efecto de los tratamientos sobre los esquilmos.	71
VIII. Otros subproductos que pueden ser incluidos en dietas para animales.	73.
IX. Conclusiones	79
X. Bibliografía	81
XI. Apéndice	97

	pág.
I.	
1. INDICE DE CUADROS.	
1. Producción de esquilmos agrícolas en México susceptibles de ser incluidos en la alimentación animal (Cosechas 1985-1986).	14
2. Variación en el contenido de nutrientes de las pajas y rastrojos mas comunes	16
3. Producción de esquilmos en 10 regiones geográficas existentes en México durante 1981	19
4. Análisis químico de diversos ingredientes utilizados en la alimentación animal.	22
5. Efecto de la presentación física del heno ballico y paja de avena, sobre la digestibilidad y consumo en Vacas Holsteih.	24
6. Ganancia de peso, consumo, conversión, rendimiento en canal y peso de algunos órganos internos de borregos alimentados con una dieta a base de rastrojo de maíz tratado con NaOH	47
7. Composición nutritiva y digestibilidad in vitro de la Materia Seca de 9 esquilmos agrícolas de importancia en Sonora.	48.
8. Análisis bromatológico del rastrojo de maíz tratado con NaOH al 4%	55

9. Resultado de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia al administrar paja tratada con NaOH 4 %.	55
10. Digestibilidad de la paja tratada con NaOH y $Ca(OH)_2$ con el método de Beckman	67
11. Nivel de suministro de Urujo de uva de acuerdo con su presentación	73
12. Conservación del salvado de Piña por medio de ensilaje	77
13. Incrementos de peso en cerdos alimentados con dietas a base de harina o vaina de mezquite.	78

ii INDICE DE FIGURAS	pág.
1. Producción de esquilmos a nivel nacional.	12
2. Producción de esquilmos en las diferentes regiones geográficas existentes en México.	18
3. Método de molido y picado del forraje tosco.	26
4. Estructura de la Celulosa .	36
5. Estructura de la lignina	37
6. Operaciones de tratamiento a granel de la paja con NH ₃ en pilas cubiertas	63
6. Disposición de los depósitos de tratamiento según el método de Beckman modificado	97

iii. INDICE DE ABREVIATURAS

atm.....	atósferas
AGV'.....	Acidos grasos volátiles
Ca(OH) ₂	Hidróxido de Calcio
CH ₄	Métano
°C.....	Grados centígrados
DIVMS.....	Digestibilidad de Materia seca
ELN.....	Extracto libre de Nitrógeno
ED.....	Energía Digestible
FC.....	Fibra Cruda
FDA.....	Fibra Detergente ACido
FDN.....	Fibra Detergente Neutro
H ₂ O ₂	Peróxido de Hidrógeno
Ha ⁻⁴	Hectárea
KOH.....	Hidróxido de Potásio
Kg.....	Kilogramos
l.....	litros
M.....	Molar
mg.....	miligramos
MO.....	Materia Orgánica
mj.....	Mega Juls
NaOH.....	Hidróxido de Sodio
Nhb.....	Amoniaco
N.....	Nitrogeno
P.....	Fósforo

II. RESUMEN

El presente trabajo trata de sintetizar la información existente referente al uso de los esquilmos agrícolas, para proporcionar una visión global que permita al productor y Técnico Profesional en el área conocer el gran volumen que estos representan (aproximadamente 60 millones) y así tenerlos como alternativa para poder emplearlos en la alimentación animal disminuyendo el costo de la misma.

Actualmente estos productos se subutilizan por tener limitantes para poder ser aprovechados, sobre todo por los rumiantes, estas limitantes son su baja concentración de nutrientes y elevada concentración de fibra muy lignificada. Sin embargo, existen ciertas alternativas para elevar su valor nutritivo tales como: tratamientos físicos, químicos y biológicos cuyo objetivo es romper la barrera de lignocelulosa que recubre a los forrajes toscos y de esta manera se permita el acceso de las enzimas ruminales a dicho forraje, con el consiguiente aumento en la digestibilidad y consumo del mismo

El éxito de cada tratamiento va a depender de varios factores como el tipo de esquilmo a tratar, la técnica utilizada para el tratamiento, así como la forma de ser suministrado a los animales después del tratamiento.

III. INTRODUCCION

Dentro de los países en vías de desarrollo, los principales esfuerzos están encaminados generalmente en atención de los sectores primarios de la producción como el agrícola y el ganadero. Ello ocurre así para lograr obtener una producción cada vez mayor o al menos mantenerla de acuerdo a las necesidades de crecimiento de la población, por lo cual se hace necesario utilizar todos los recursos existentes que permitan en un futuro próximo poder ser autosuficientes, sobre todo en materia alimentaria.

La producción agropecuaria, depende de varios factores tales como climáticos, técnicos y socioeconómicos con igual importancia e íntimamente relacionados. El factor clima por ejemplo, repercute en un área clave de la producción como lo es la alimentación (Jiménez, 1987) misma que debe ser mantenida en niveles adecuados, sobre todo en épocas críticas de producción de forrajes, ya que las pérdidas de peso por parte de los animales en estas épocas es de aproximadamente 15-25%, generando costos adicionales al requerirse una alimentación cuatro veces mayor para poder mantener dicha producción (Zorrilla, 1982; Tirado 1984). De esta manera resulta evidente la necesidad de buscar que la alimentación animal resulte económicamente redituable para el productor. (Martín et al. 1976), esto puede lograrse a través de alternativas que lo permiten tales como la opción de utilizar los esquilmos agrícolas conocidos como forrajes toscos o bastos que se desperdician por millones de toneladas (Pigden et al. 1978;

Gutiérrez, 1981; Milera 1977)). Como sabemos dichos esquilmos se pueden obtener tanto de cultivos nativos, cultivos agrícolas e incluso en zonas inadecuadas para el cultivo. De esta manera los esquilmos pueden ser utilizados como tales o conservados de acuerdo a los recursos con que se cuenta y a la cantidad de subproductos por región. (Jiménez, 1989). Cabe señalar que una ventaja importante de estos materiales es que no compiten con la alimentación humana, pero que en el renglón de alimentación animal pueden ser muy útiles para ser transformados por los animales en alimentos de gran valor biológico para el consumo humano como carne, leche, etc. atendiendo también a la necesidad futura de aprovechar mejor estos subproductos que se verán incrementados aun más por la tendencia de aumento en la producción de granos. (Martín et al. 1976).

Actualmente los esquilmos agrícolas son todavía subutilizados por parte de los productores, al ser considerados materiales de relleno que aparentemente no tienen ninguna calidad nutritiva (Díaz et al. 1982; Ficón y García, 1987) habiéndose observado que cuando se alimenta a los animales con estos subproductos al parecer no hay ganancias de peso importantes, hecho que podría atribuirse al bajo consumo, sobre todo por su voluminosidad (Fernández 1981). Sin embargo, considerando que dichos esquilmos al ser quemados aportan ciertos elementos como el P, S, N (Zorrilla, 1982) muchos de ellos son incorporados al suelo para la siguiente cosecha, aunque se sabe que en dicha práctica agrícola el N es restituido en forma incompleta, además

de desperdiciar la energía potencial del esquímno, sin considerar el daño ecológico que ello ocasiona con los respectivos efectos de contaminación ambiental. (Jackson, 1979; Espinoza y Sierra, 1982; Santacruz 1982).

En regiones en donde no se quema el forraje, se suele acostumbrar llevar a pastar a los animales directamente sobre el terreno, aún cuando por lo menos 1 kg. de residuo permanece en el terreno/kg.de grano producido (por ejemplo para el caso del maíz), con la desventaja que el suelo se maltrata y en general se produce un desperdicio de 70-80% (Zorrilla, 1982; García et al. 1982).

Todo ello podría compensarse si se crea conciencia de la cantidad de subproductos existentes y la ventaja que estos pueden tener dando les un procesamiento previo para poder suministrarlos como un alimento de cierta calidad al ganado.

Se sabe que los esquímno agrícolas tienen poca calidad nutritiva por ser materiales fibrosos que no son aprovechados normalmente por los animales, con una digestibilidad de 33-55% (sobre todo en rumiantes) ya que el contenido de celulosa y hemicelulosa en las pajas y maderas duras es de 60-75% .y el contenido de lignina entre 5-25% (Llamas, 1981; Gutiérrez, 1981; Figden et al. 1972) por lo que existe un desperdicio en el campo o en el pecebre hasta de un 80% (Zorrilla, 1982). Por otra parte, el bajo contenido de nutrientes en los forrajes bastos es debido a cambios en la composición química de la planta que al ir

madurando aumenta el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, disminuyendo el de la proteína cruda, carbohidratos solubles y contenido de cenizas (Riquelme, 1989)

Sin embargo, también se habla de una calidad nutritiva potencial que puede ser aprovechada si se logra metabolizar la celulosa, hemicelulosa y lignina que son fuente de energía para la microflora ruminal y finalmente útil para el animal cuyas enzimas son incapaces de metabolizar la lignina que como se sabe recubre las estructuras carbohidratadas. (Díaz et al. 1982; Autrey et al. 1974). Por lo anterior, se realizan procesos que permitan romper esta barrera de lignocelulosa para tener así acceso a los carbohidratos solubles de los forrajes (Pigden, 1978; Zorrilla, 1985; Picon y García, 1987).

La composición química en las diferentes pajas y rastrojos que generalmente son tallos, cogollos, hojas secas, vainas etc, presentan un desbalance de nutrientes y por tanto no permiten ser utilizados como dieta única o como fuente única de forrajes para los rumiantes, por lo que requieren de procesamientos especiales para aumentar su calidad nutritiva y poder ser suministrados con otros suplementos (García, 1979).

Los procesamientos que se llevan a cabo al tratar los esquilmos para que los animales los aprovechen más eficientemente son de tipo físico, químico y microbiológico siendo el objetivo de estos permitir el acceso a las enzimas ruminales con el consiguiente aumento en la digestión, consumo de forraje y energía digestible. (Jackson, 1978; Castañeda y Monroy, 1982; Zorrilla, 1982).

Cabe señalar que a la fecha existe ya gran cantidad de información relativa al uso de los esquilmos agrícolas y sin embargo aun es escasa la aplicación de dicha tecnología en la práctica agropecuaria, quizá debido en parte a la poca difusión de información o a que dicha información no está lo suficientemente sistematizada, es por ello que el presente trabajo persigue en alguna medida dicha sistematización de la información preferentemente actualizada así como el objetivo de presentar las técnicas más utilizadas en el procesamiento de los esquilmos agrícolas para responder de esta manera la demanda de información accesible al respecto, por parte de aquellos profesionistas del Área de las ciencias agropecuarias que se enfrenten en su caso a condiciones específicas de necesidad de aprovechamiento de esquilmos..

IV. REVISIÓN

1. DISPONIBILIDAD DE SUBPRODUCTOS AGRICOLAS PARA LA ALIMENTACION ANIMAL.

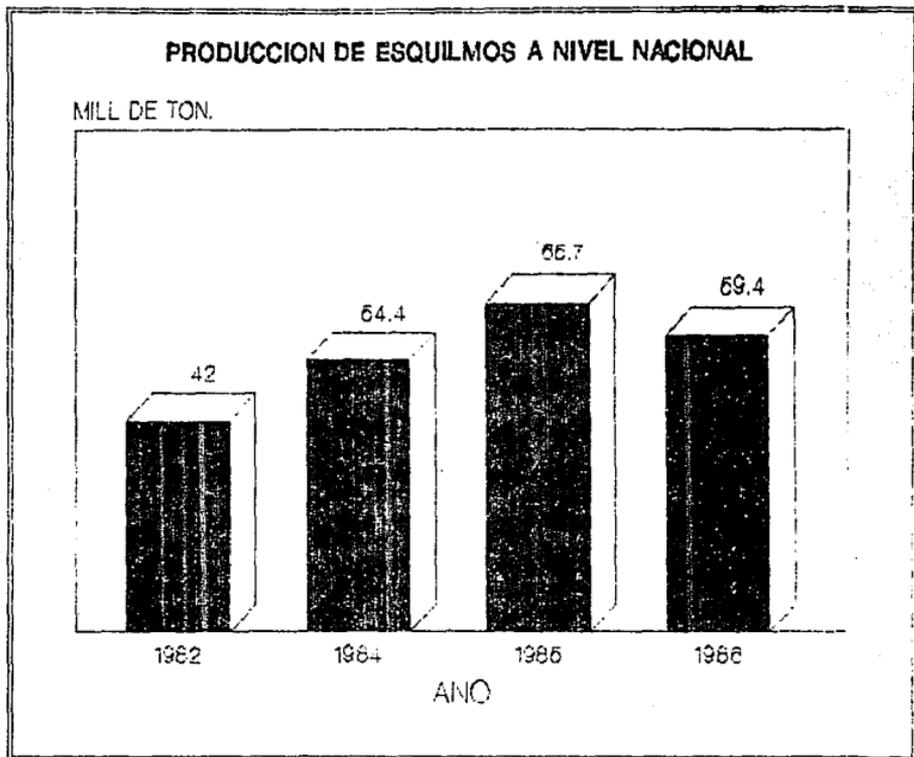
A nivel mundial, la producción de paja y tallos solo por concepto de cereales es de 2000 millones de toneladas (Jackson 1979; Jackson, 1978).

La producción de esquilmos de cultivos clasificada por año y específicamente en nuestro país es también muy significativa, por ejemplo en 1982 hubo una producción de 42 millones de toneladas (Jiménez, 1989; Castañeda y Monroy, 1982; Bribiesca, 1982) y en el año de 1984 se contó con un total de 54,455,000 toneladas de esquilmos, algunos autores reportan para este mismo año cifras de hasta 73,845,015 ton (Valdéz y Nuñez, 1984).

En 1985 según datos de la SARH-DGNP-FAAF, (1977, citado por Jiménez, 1989) se reportan 50,413,074 ton de esquilmos entre los cuales destacaron los de maíz, sorgo, trigo, cebada, frijol, soya y algodón, respectivamente, además de 11,206,300 ton. de bagazo de caña y 4113159 de punta de caña que sumados para el mismo año dan un total de 65,732,853 ton. de esquilmos de dicho producto agrícola.

En 1986 se estimó que entre subproductos agrícolas y subproductos de la caña de azúcar sumaban un total de 59,402,923 ton. destacando los de la caña de azúcar, maíz, sorgo, arroz, frijol, cebada, soya, algodón y cártamo (Jiménez, 1989) Sin embargo, al parecer la mayor parte de esta producción solo es aprovechada en un 40% haciéndose necesario buscar alternativas de aprovechamiento. (FIG. 1)

FIG. 1



Al revisar las cifras de producción agrícola y conociendo las condiciones topográficas y climatológicas, se hace evidente que es lamentable que en nuestro país, que es un área rica en cuanto a la variedad potencial de cultivos (cuadro 1) todavía haya insuficiencia alimentaria tanto en la alimentación humana, como en lo que a alimentación animal se refiere.

Cuadro 1. Producción de esquilmos agrícolas en México susceptibles de ser incluidos en la alimentación animal. (Cosechas 1985-1986)

Cultivo	Subproducto	Toneladas	Materia Seca	Prot.en esquilmo ton
Ajonjolí	paja	50576	48380	1669.2
Algodón	vara	472235	434455	23025
Arroz	paja	1210301	1067178	51428
Cartamo	paja	165085	151935	7595.3
Cebada	paja	740857	662401	33785.0
Maíz	rastrajo	31598200	27869601	2920924
	olote	3759570	3398847	129167
Sorgo	pata	7338174	6859943	246959
Soya	paja	639460	560173	30420
Trigo	paja	2830928	2573324	107506
Subproductos agrícolas en 1986.				
Ajonjolí	paja	44944	41270	1480.3
Algodón	vara	325995	299917	16651
Arroz	paja	791439	704375	35646
Cartamo	paja	149387	137438	6931.6
Cebada	paja	589596	224937	26832
Maíz	rastrajo	27520720	27520720	1333923
	olote	3273293	2959122	112442
Sorgo	pata	5596812	5596812	201437
Soya	pata	484051	424029	20352.6
Trigo	paja	3781488	3470211	154155

SARH-DGAF. (1987, citado por Jiménez, 1989).

En la intención de valorar la utilización de los esquilmos agrícolas, además de tener en cuenta su utilización a nivel nacional; es conveniente considerar la producción por regiones y el tipo de subproducto que mas abunda, así como su accesibilidad y costo final de los procesos a poner en práctica para los tratamientos, pero en general con las cifras de producción antes citadas se hace evidente el gran potencial alimenticio (Llamas et al. 1986) con posibilidad de utilizarse en épocas críticas de escasez de forrajes o simplemente en cualquier otra época del año para disminuir los costos, al ser integrados en las raciones de los animales (Benítez, 1982). Del inventario nacional de esquilmos agrícolas se calcula que en promedio se utiliza del 40 al 44% de éstos como alimento para el ganado, los métodos de pastoreo y suministro en greña representan un aprovechamiento de aproximadamente la mitad de los recursos alimenticios. El 80% del rastrojo de maíz producido se utiliza para alimentación de animales, de este 80%, el 32% se aprovecha mediante pastoreo; 21% en greña; 10% empacado y molido. De olote se aprovecha el 44% y de este valor solo se muele en 23%. En relación a la paja de trigo solo se cosecha cerca del 28%, se pastorea el 2.4% y el 70% es quemado o incorporado al suelo (Castañeda y Monroy, 1982), estos autores consideran también que en conjunto los subproductos representan un potencial de suministro de nutrientes en la alimentación para el ganado de 12-20% CUADRO 2

CUADRO 2

Variación en el contenido de nutrientes de las pajas y rastrojos mas comunes.

Concepto	%	Mínimo	Máximo
Nitrogeno		.04	1.6
Cenizas		2.7	17.4
Extracto no Nitrogenado		39.2	47.2
Celulosa		30.6	50.2
Lignina		7.3	17.4
Calcio		.20	.90
Fósforo		.04	.16
Magnesio		.05	.28
Azúfre		.05	.20
Sodio		.02	.35
Potasio		.50	2.45

(Castañeda y Monroy, 1982)

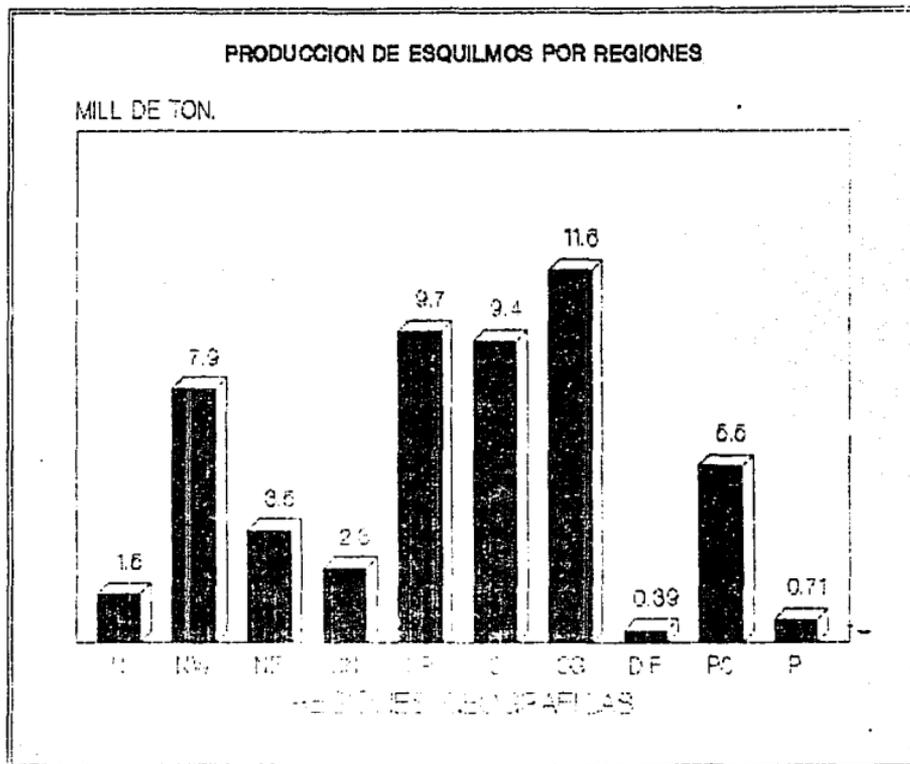
Segun estudios realizados, el aumento de peso en los animales puede ser mantenido en tiempo de sequia con bagazo y bagacillo tratado con NaOH 6%, debido a que se ha observado que tiene una factibilidad nutricional muy positiva, esto se hara mas accesible en lugares cercanos a ingenios azucareros debido a que la naturaleza de estos productos dificulta su transporte (Llamas et al. 1979).

El 50% de la producción de los esquilmos se sabe que lo aportan en forma general los siguientes estados.

Jalisco 12%, Veracruz 10%, Guanajuato 9%, Chiapas 9%. Un 27% restante es aportado por los estados de Sonora, Michoacán, Guanajuato y Puebla .El 23% restante es aportado por los otros estados. (Castañeda y Manroy, 1982).

En el Cuadro 3 y Figura 2, se presenta una relación de toneladas de esquilmos producidos durante 1981 en 10 regiones geográficas del país propuestas por Sanchez, (1984) que son Norte, Noroeste, Noreste, Centro Norte, Centro Pacífico, Centro, D.F, Pacífico Sur y Peninsular. (Jiménez, 1989)

FIG.2



Cuadro 3. Producción de esquilmos en 10 regiones geográficas existentes en México durante 1981.

REGION	PRODUCCION	MAS IMPORTANTES	MENOS IMPORTANTES
NORTE (Chihuahua Durango)	1.6 mill ton	maíz trigo	frijol sorgo soya cebada
NORDESTE (B.C.Sur B.C.Norte Sonora Sinaloa Nayarit)	7.9 mill ton	trigo caña de azúcar sorgo de grano	soya maíz frijol cebada
NORESTE (Coahuila N.León Tamaulipas)	3.8 mill ton +/- 553	sorgo maíz trigo	frijol soya cebada
CENTRO NORTE (Zacatecas Aguascalientes S.L.Potosí)	2.3 mill ton	maíz frijol caña de azúcar	cebada frijol trigo soya
CENTRO PACIFICO	9.7 mill ton	sorgo caña de azúcar	trigo cebada soya

CENTRO	9.4 mill	sorgo	cebada
(Edo de Méx.	ton	caña de	frijol
Querétaro		azúcar	trigo
Guanajuato			soya
Hidalgo			
Puebla			
Tlaxcala			
Morelos)			
CENTRO GOLFO	11.8 mill	maíz	frijol
(Veracruz	ton	caña de	sorgo
Tabasco)		azúcar	soya
			trigo
DISTRITO.	39 Mill	maíz	-
(D.F)	ton	frijol	-
PACIFICO SUR	5.5 Mill	maíz	frijol
(Guerrero	ton	caña de	soya
Oaxaca		azúcar	trigo
Chiapas)			
PENINSULAR	716 mil	maíz	frijol
(Q,ROD	ton	caña de	soya
Yucatán		azúcar	trigo
Campeche)			

(Sanchez, 1986)

De la producción de esquilmos a nivel mundial, se señala en un estudio realizado por la FAO, (1988, citado por García y Trueba, 1982) que su potencial de biomasa esta entre 276-395 ton/ha/año para regiones subtropicales y tropicales respectivamente. En nuestro país la producción de esquilmos por año es de aproximadamente 138 millones, de las cuales el rastrojo de maíz constituye el 80% y solo se utiliza el 15% como forraje, entre otros subproductos importantes están: la caña de azúcar con producción superior a 8 mill de ton. y que al cosecharse se obtiene la punta que tiene mas cantidad de fibra y proteína cruda, pero menor cantidas de azúcares totales, finalmente también se obtiene es el bagazo de caña McDowel et al. (1979, citado por Fernández 1989).

Teniendo en cuenta que la máxima producción de subproductos de la caña ocurre exactamente durante la época de sequía, estos subproductos deberán ser aprovechados al máximo, independientemente de utilizar otros subproductos, en la alimentación de los animales. (Llamas et al. 1985; García, 1979).

2. LIMITANTES PARA LA UTILIZACION DE SUBPRODUCTOS AGRICOLAS.

La principal limitante para el uso de esquilmos agrícolas en la alimentación animal es su baja concentración de nutrientes y su elevada concentración de fibra muy lignificada (Llamas et al. 1979; Castellanos, 1982) por si solos en la dieta no satisfacen las necesidades de mantenimiento de los animales (Riquelme, 1989; Benitez, 1982) puesto que las pajas no cuentan con la energía ni la proteína necesarias, ya que los requerimientos estimados por la NRC son de 8.25 ml/kg energía metabolizable) y 8.5 g/kh de proteína para un rumiante de 200-250 kg. (Riquelme, 1989) y las pajas, aunque varía con el tipo, contienen de 4-6% de P.C (Fernández, 1981; Riquelme, 1989).

A continuación se presenta el análisis químico de diversos ingredientes resaltando las diferencias cualitativas y cuantitativas con algún esquilmo agrícola.

Cuadro 4. Análisis químico de diversos ingredientes utilizados en la alimentación animal.

!INGREDIENTE	MS	PC	FC	ELN	GRASA	CENIZAS!
!Rastrojo de maíz	93.01	5.67	40.82	45.36	0.44	8.3
!Módula de caña	93.25	2.79	39.01	42.67	2.21	13.29
!Pasta de soya	92.25	52.4	5.29	32.82	3.25	6.39
!Urea	99.45	288.4		--		
!Almidón	89.77	--		--		

(Gutiérrez, 1982)

V. TECNICAS UTILIZADAS EN EL PROCESAMIENTO DE ESQUILMOS AGRICOLAS

1. PROCESAMIENTOS FISICOS

Son tratamientos sencillos que van desde el molido, remojado, colado, secado, hasta tratamientos mas complejos como peletizado, cocción a presión, irradiación (Autrey et al. 1974; Castañeda y Monroy, 1982; Buentello, 1975) mismos que son utilizados de acuerdo a las condiciones y recursos de la region y el productor en particular.

Se ha demostrado que el procesamiento fisico de los forrajes tiene una influencia importante sobre la digestibilidad y el consumo voluntario.

En el presente trabajo se describirán algunos de los métodos reportados como los que mas han dado resultado y pueden ser adaptados a nuestras necesidades promedio predominantes en el país.

1.1. MOLIDO.

Es una forma sencilla y común susceptible de aplicar a la mayoría de los esquilmos por medio de la cual se puede incrementar el consumo de nutrientes digestibles.

Se ha demostrado que en general, la respuesta a la reducción del tamaño de las partículas en los forrajes es un incremento en el consumo voluntario y una disminución en la digestibilidad, particularmente en los componentes de la pared celular, sin embargo esta respuesta es afectada por a) La calidad del forraje, ya que es mas pronunciado en forrajes de menor calidad. b) el tamaño de

las partículas, ya que la digestibilidad es menor cuando el forraje es molido que cuando es picado, c) nivel de alimentación, ya que disminuye mas la digestibilidad cuando es ad libitum que cuando es restringida. (Riquelme, 1989; Levy et al., 1977; Fernández, 1981; Romero, 1975) Cuadro 5

Cuadro 5.

EFFECTO DE LA PRESENTACION FISICA DEL HENO BALLICO Y PAJA DE AVENA SOBRE LA DIGESTIBILIDAD Y EL CONSUMO EN VACAS HOLSTEIN.

!Vacas Holstein y Shortorn secas y no gestantes.

Heno ballico (ad libitum)			
Entero		Molido	
Digestibilidad	consumo	Digestibilidad	consumo
MS.....	61.8	MS.....	42.8
MD.....	63.6	MS.....	42.9
PC.....	30.6	PC.....	29.4
EM.....	44.6	EM.....	54.0
FC.....	66.2	FC.....	31.6
ELN.....	65.2	ELN.....	49
Heno ballico (consumo restringido)			
Entero		Molido	
MS.....	59.0	MS.....	46.0
MD.....	61.8	MD.....	47.7
PC.....	36.6	PC.....	29.4
EM.....	43.6	EM.....	48.9
FC.....	63.6	FC.....	38.8
ELN.....	63.4	ELN.....	54.8

Paja de Avena (restringida)

Entera		Molida	
MS.....	48.4	MS.....	39.5
MD.....	47.9	MD.....	36.6
PC.....	-1.9	PC.....	-7.2
F.C.....	58.3	FC.....	40.3
ELN.....	40.3	ELN.....	39.3

Kg MS
4.5

Kg MS
4.4

(Molida restringido + 150 q de urea)

MS.....	37.0
MD.....	35.5
PC.....	68.8
FC.....	35.1
ELN.....	39.2

Kg.MS
4.4

(Ad libitum)

Entero		Molida	
MS.....	43.7	MS.....	38.4
MD.....	43.2	MD.....	38.8
PC.....	-1.7	PC.....	14.3
FC.....	54.1	FC.....	42.4
ELN.....	35.7	ELN.....	38.0

Kg.MS
5.7

Kg.MS
7.2

(Molida ad libitum + 150 g de Urea)

MS.....	43.7
MD.....	43.4
PC.....	66.0
FC.....	45.5
ELN.....	43.8

Kg MS
11.0

Cabe señalar que al realizar la práctica de molido del forraje, las mayores pérdidas de energía en las heces serían compensadas por un menor gasto energético en el consumo de alimento, por una menor producción de CH₄ y por una mayor eficiencia de utilización de la EM (Jackson, 1978; Fernández, 1981, Romero, 1975)

Fig. 3

Método de molido y picado del forraje.

Forraje entero	Picadora con 5-7 cm separación entre navajas	Se obtienen trozos de 3-8 cm. aprox.	Administrar a los animales
Forraje picado	Molino criba de 0.85 cm. de diámetro	Forraje molido	Administrar a los animales

Así pues la molienda, como sabemos disminuye la digestibilidad por reducir el tiempo de contacto de las partículas por los microorganismos del rumen (mayor velocidad --> menor digestibilidad) sin embargo dicha práctica es recomendada ya que este efecto se compensa con el aumento en el consumo de nutrientes digestibles así como ingestión de energía digestible, Heanly (1982, citado por Fernández, 1981; Castañeda y Monroy, 1982; Santacruz, 1982).

Otra ventaja adicional del proceso del molido es que el producto resultante puede adicionarse con facilidad a concentrados comerciales así como es fácilmente susceptible de ser pelletizado (Jackson, 1978; Carrillo, 1982)

En un estudio hecho por Carmona y Greenhalgh (1972, citado por Jackson, 1978), se observa que la ingestión de energía digerible en ovejas alimentadas con paja molida y sometida a un tratamiento alcalino fue 15% mayor que cuando la ración consistía en paja desmenuzada y tratada con álcali. Zorrilla (1982 a su vez, encontró que el desperdicio en estas condiciones era de solo 10%).

1.2 Picado

Un principio parecido al procesamiento de molido tiene el picado del forraje, y consiste en cortar dicho forraje en trozos de máximo 5 cm, encontrándose que este tamaño favorece la digestibilidad, sin embargo el desperdicio en dicho procesamiento llega a ser hasta del 30% (Castañeda y Monroy, 1982; Troel, 1982; Homb, 1977).

1.3 Humedecido (remojado)

Se ha señalado que con la práctica de humedecido hay un aumento en el consumo voluntario del forraje en MS de un 31% aunque algunos autores observan que la ganancia de peso por parte de los animales no es claramente mejorada. (Brigada, Benítez, 1982).

1.4. Empastillado. (peletizado)

De acuerdo a algunas investigaciones, este procesamiento tiene la ventaja que resulta ser mas eficaz con forrajes que presentan mayor concentración de lignina y aunque algunos autores como Castañeda y Monroy(1982) mencionan que el consumo de forraje con esta forma física no es muy bueno, la mayoría de los autores coincide en que además de mejorarse el consumo, se favorece la digestibilidad ya que con en esta práctica se logra una disminución del pH ruminal al ser ingeridos los alimentos por parte de los animales lo que trae como consecuencia un aumento en la concentración de AGV., encontrandose una relación positiva entre consumo de forraje y aumento en la relación acetato/propionato por lo que aumenta también la concentración de glucosa sanguínea. Asi mismo se observa una relación negativa entre consumo de concentrado y la relación propionato/acetato; Otras ventajas adicionales de este procesamiento físico es el aumento de NH₃. Demarquilly (1977, citado por Fernandez, 1986. Berhane,--.

Aunque se sabe que existe disminución de energía metabolizable EM y existen mayores pérdidas de energía en heces, sobre todo en los procesos de molido y peletizado, estas pueden ser compensadas porque el animal utiliza menos metano para consumir el forraje, habiendo mayor eficiencia de utilización de la energía metabolizable (O'Donovan 1978; Romero, 1975).

1.5 Tratamiento con presión a vapor.

En un experimento realizado por Nese y Wallik (1977, citado por Jackson, 1978) se colocaron en un recipiente de acero de 1100 ml. 300 g. de bagazo de maíz y se inyectó vapor saturado hasta una presión de 230 psi. durante 10 minutos, posteriormente se drenaron los condensados a través de una trampa de vapor, en dicho trabajo se pudo observar un aumento en la digestibilidad del Pasto Setaria sphacelata.

Estos mismos autores en otro experimento usaron un recipiente de 400 ml. y 150 g. de material inyectando vapor hasta 85 psi por una hora y sumergiendo el recipiente en agua fría, el material se lavo con agua corriente y se filtró, posteriormente se trataron .5 g de esta materia seca a temperatura ambiente por 24 horas y solución salina buffer de citrato de sodio 0.05 M a pH de 4.8 y .25 g. de celulasa (producida por *Aspergillus niger*) cuya actividad nominal es de 4000 unidades /g. El resultado fue una producción de 36 mg. de azúcar reductor /g. del material, cantidad que es 10 veces mayor que la que se obtiene en materiales sin tratamiento con vapor.

Han y Calligan, (1974) trataron a su vez paja de arroz molida pasada por una malla No. 20 con vapor a 160°C durante 4 horas, encontrando que la digestibilidad aumento un promedio de 30-40%.

Klopfenstein et al. (1987) trataron Olote de maiz con vapor saturado durante 50 seg y presión de 15.5 kg/cm² aumentandose la digestibilidad un 20% respecto al olote sin tratar. En dicho trabajo el material se administró a borregos, encontrandose un aumento en la ganancia de peso de 0.087 - 0.186 kg.día y una conversión alimenticia de 8.5 a 6.2.

Martin et al. (1976) combinando ambos procesos, tratamiento a vapor como tratamiento con NaOH) obtuvieron aumentos de digestibilidad, concluyendo que con ambos procesos se obtienen mejores resultados que con uno solo.

Dar a los animales mayores cantidades de nutrientes disminuyendo el tamaño de los materiales tienen como objetivo los procesamientos físicos y químicos influyendo en forma directa en el metabolismo energético del animal (Troels, 1982) mismo que es determinado por las pérdidas de energía en heces, orina, metano e incrementos calóricos (Fernández, 1981). Estudios con este propósito son los que realizaron Blaxtery Graham (1964, citados por Fernández et al. 1981) quienes observaron que al aumentar el consumo con forrajes molidos, ocurre también una disminución en la producción relativa de Metano siendo mas marcado dicho efecto con forraje molido que con entero y es todavía mayor si el concentrado se da en una mayor proporción en la ración total, muchos autores no toman en cuenta lo anterior, debido a que

también se han encontrado que a mayores consumos hay mayores pérdidas de energía via heces; sin embargo diversos estudios concluyen como se ha mencionado que dichas pérdidas son compensadas por las menores pérdidas de energía via metano y orina (O'Donovan 1983; Fernández, 1986).

* La unidad de actividad nominal se define como los miligramos de glucosa liberados del material celulósico en CMC, a 25°C.

Los tratamientos físicos señalados anteriormente pueden ser utilizados para cualquier material lignocelulósico tales como residuos de los bosques (astillas, ramas, raíces, etc) En un estudio realizado en Chihuahua por (Sánchez y Bernal, 1978) con tratamiento físico empleando productos derivados del pino (pinus ponderosa) dicho material fue secado al sol por 20 días y pasado después por molino de martillo, para posteriormente proporcionarlo a los animales en un 5% de su dieta observando que hubo una mejor conversión alimenticia, para concluir así que dicho material procesado puede incorporarse a dietas típicas de engorda con buenos resultados, sin embargo se hace necesario todavía realizar más investigaciones al respecto (Sánchez y Bernal, 1978)

Cabe señalar que aunque el tratamiento físico en general ofrece ventajas en cuanto al procesamiento de esquilmos para la alimentación animal, actualmente se realiza como tratamiento previo a la utilización de procesos químicos o biológicos ulteriores (Autry et al. 1974; Bernane, 19--; Buentello, 1975) ya que la combinación de ambos procesos produce un efecto aditivo, así por ejemplo en un estudio se observó que la ingestión de energía digestible en ovejas alimentadas con paja molida y sometida a un tratamiento alcalino fue 15% mayor que cuando la ración consistía en paja solamente desmenuzada y tratada con álcali (CIDA, 1977) lo que se traduce en un mejor posible aprovechamiento por parte del animal, sin embargo, es necesario valorar el costo-beneficio para cada caso en particular.

Por otro lado se hace necesario recordar que con la disminución del tamaño de las partículas alimenticias aumenta el consumo debido que hay incremento en la velocidad de paso por el tubo digestivo, hasta con 30% de ED mayor, debido al incremento en el área de superficie para la microflora ruminal.

Así mismo, se reduce la secreción de saliva con lo que disminuye el pH ruminal cambiando los patrones de fermentación y aumentando también la concentración de AGV, así como la relación propionato/acetato.. (Martínez y Ocasberro, 1978; Fernández, 1981)

2. PROCESAMIENTOS QUIMICOS.

Entre las diversas opciones para procesamiento químico, los tratamientos alcalinos cobran gran importancia hasta la fecha, se trata de métodos que utilizan compuestos como NaOH, Ca(OH)₂, NH₄OH, NH₃, KOH, Urea, siendo estos los que han sido mayormente probados con la finalidad de aumentar el valor nutritivo de los esquilmos (Llamas y Coomb, 1990; Benítez, 1982; Zorrilla, 1991; Gutiérrez, 1986; Moya, 1982). Otros compuestos como el Na₂S₂O₃, H₂O₂, Ac Peroxiacético, NaCO₃ y soluciones salinas también han sido utilizados aunque menos frecuentemente. (Pérez; Verdin, 1990).

El fundamento para la utilización de Alkali en el tratamiento de esquilmos es deslignificar la fibra, rompiendo ciertos enlaces ester existentes entre la hemicelulosa y los grupos fenólicos de la lignina (Verdin, 1990; Ortega, 1982; Van Soest, 1967; Lindberg e Ingrid, 1984) haciendo así más disponible la fracción de fibra para ser digerida por las enzimas celulolíticas, mismas que de lo contrario no tienen acceso a dicha fibra (Riquelme, 1989; Lindenberg, 1984).

La baja digestibilidad de los alimentos es debida a la asociación física o química de la celulosa con otros componentes estructurales de la pared celular como lignina o silicatos que impiden el acceso a las celulasas (Gutiérrez, 1986; Gupta y Langar, 1983; Patton y Giesecker (1983, citado por Jung y Vogel, 1986; Jung y Fshey, 1983).

La celulosa es uno de los principales componentes de la pared

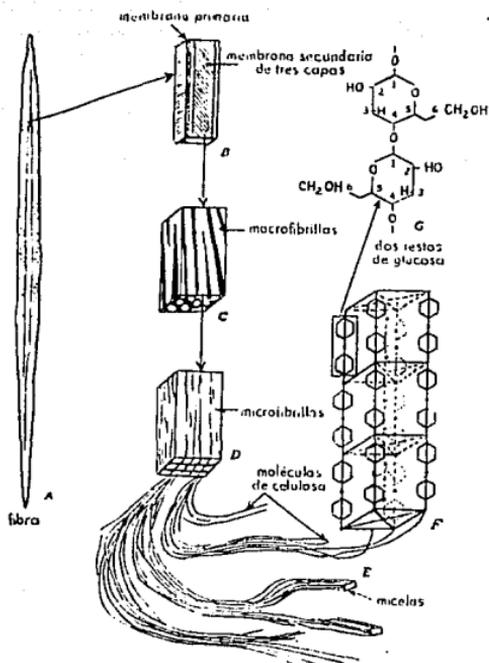
celular, es un polímero natural formado por la unión de un gran número de moléculas de glucosa, mismas que interaccionan a través de enlaces beta 1-4 glucosídicos; las cadenas celulósicas se ordenan formando una estructura microscópica constituida por micelas y una estructura submicroscópica integrada por microfibrillas. (CIDA, 1977; Esaú, 1959; Shimel, 1976) FIG.4

Las hemicelulosas son un grupo heterogéneo de polisacáridos, algunos miembros individuales del grupo son: xilanas, galactanas y glucanas (Bracegirdle y Miles, 1975).

Las sustancias pécticas están íntimamente relacionadas con las hemicelulosas que se encuentran en tres formas distintas a saber: protopectina, pectina y á.c.péctico, estas pertenecen a los poliuronidos, es decir, a polímeros compuestos principalmente por á.c. urónico, la función de estos compuestos pécticos dentro de la planta es de mantener en una elevada hidratación a las membranas jóvenes. (Miller, 1979).

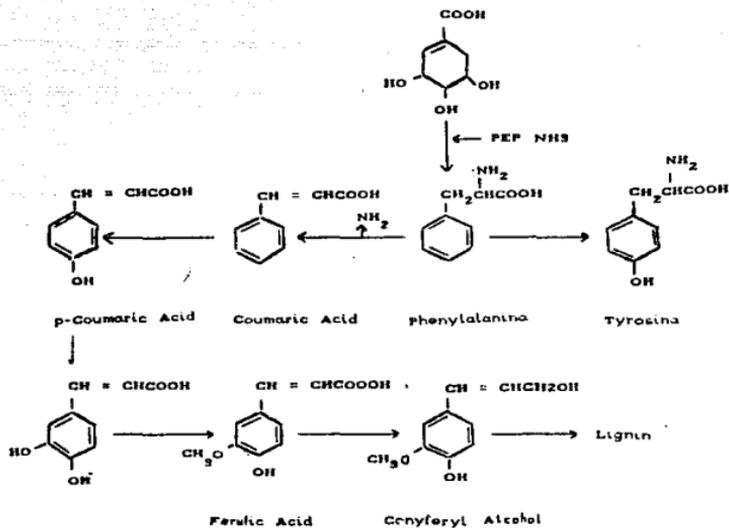
La lignina, es un polímero con un alto contenido de carbono, distinto a los hidratos de Carbono, consiste predominantemente en unidades de Fenilpropano (C₆-C₃), La lignina se forma a partir del alcohol Coniferílico que después de sufrir ciertas modificaciones químicas se transforma en lignina, misma que funciona primordialmente como componente estructural de la membrana celular, físicamente es rígida y es una sustancia que impregna las membranas después de su desarrollo inicial. (Esaú, 1959; Jung y Fshey, 1983). Figura. 5

FIG. 4 CELULOSA



Interpretación de la estructura de la membrana. La fibra (A) tiene una membrana secundaria de tres capas (B). En un fragmento de la capa central de esta membrana (C) las macrofibrillas (en blanco) constan de numerosas microfibrillas (en blanco) de celulosa entremezcladas con microporosidades (en negro) que contienen compuestos no celulósicos. Las microfibrillas están formadas por haces de moléculas de celulosa, parcialmente dispuestas en rectángulos tridimensionales ordenados. Las micelas (E). Las micelas son cristalinas debido al estado regular de los restos de glucosa (F). Estos restos están conectados por enlaces β -1,4 glucosídicos.

FIG. 5 LIGNINA



Como se ha mencionado, los métodos que utilizan álcalis han sido los mas utilizados para aumentar la digestibilidad de los esquilmos y se menciona que bien empleados podrían proporcionar la calidad de un ensilaje de gramíneas de buena calidad (Homb, 1977; Castañeda y Monroy, 1982; Troels, 1982).

2.1 REVISIÓN DE LAS TÉCNICAS QUE UTILIZAN NaOH PARA AUMENTAR LA CALIDAD DE LOS ESQUILMOS AGRÍCOLAS

El NaOH favorece la accesibilidad de las enzimas celulolíticas microbianas, aumentando con esto la energía disponible para los microorganismos para su producción y actividad. (CIDA, 1977).

Por otra parte, el NaOH ocasiona una hinchazón de la celulosa presente en la pared celular, lo que facilita la acción de las enzimas bacterianas y se refleja en una mayor utilización de la fibra con el consecuente aumento en la digestibilidad hasta en un 10-12%, según el procesamiento que se utilice y el tipo de forraje, además de que al parecer el consumo voluntario también se incrementa. (Gutiérrez, 1986; CIDA, 1977; Castañeda y Monroy, 1982; Troels, 1982) Algunos de estos métodos se especifican a continuación.

2.1.1 MÉTODOS HUMEDOS

A. Método de Beckman.

Este método que es uno de los que se emplearon inicialmente varía conforme al tipo de instalación, pero en general consiste en un tratamiento previo del esquilmo, un remojo del mismo con álcali (NaOH) y un lavado final (Castañeda y Monroy, 1982), su eficacia dependerá del tiempo, temperatura, presiones utilizadas y de la cantidad de álcali utilizado (Jackson, 1975). En dicho método suelen utilizarse 2 depósitos, uno de ellos contiene una solución de NaOH al 1.5% y en el se sumerge la paja utilizando 8-10 l. de agua/ kg de paja seca permaneciendo durante 18-20 horas y quedando

con ello lista para ser suministrada a los animales. Con este método el consumo de álcali es de 6 kg/100 kg de paja (Castañeda y Monroy, 1982; Homb, 1977; CIDA, 1977) Cabe señalar que después de pasarlo al segundo depósito se reconstituye el volumen de la solución añadiendo unos 300 l de agua/ 100 kg de paja y 6-8 kg de NaOH/kg de paja.

El método de Beckman con algunas modificaciones puede ser realizado en pequeñas explotaciones, la solución tratada se queda en el mismo depósito y se lleva la paja al segundo que se utiliza solo para lavado; para saber si fue lavada correctamente se puede realizar una prueba manual teniendo en cuenta que los nudos deben ser blandos y no deben sentirse resbaladizos ni jabonosos (Jackson, 1978). La ventaja de este método es que proporciona un producto de alta digestibilidad, los incrementos oscilan entre 14 y 27%. La utilización de este método conlleva a utilizar grandes cantidades de agua para lavar el Alkali retenido por la paja, su aplicación es factible aunque es necesario considerar el hecho de que según algunos autores como Chandra y Jackson (1971, citados por CIDA, 1977) ocurren pérdidas de carbohidratos, proteína y otros nutrientes alcanzando hasta 24% de MS de la paja, para evitar esto se han intentado utilizar otros tratamientos que disminuyan la cantidad de agua que se utiliza conocidos como Métodos secos los cuales se describirán posteriormente.

B. Método de Beckman modificado.

Torgrimsby (1971, citado por Jackson, 1978) sugirió este sistema en el que se procura que la cantidad de agua que entra

sea igual a la cantidad que se elimina, en este método se utilizan tres depósitos (descripción en el apéndice) Los requerimientos de material para este sistema consiste en 300 l de agua y en unos 4 kg de NaOH / kg de paja al día, todo los días se añade esta cantidad de agua y NaOH , la ventaja es que no hay pérdida de materia seca en la paja, de tal manera que la paja tratada tiene un contenido de MS de 20% y de sodio de 2%, la digestibilidad de la materia seca en este tratamiento in vitro aumentó de 38 a 70%.

Saxena et al. (1971) realizó estudios para aumentar la digestibilidad en la paja de avena utilizando la siguiente técnica. Se trituró la paja en molino de martillo con criba 9 mm, luego se remojó a temperatura ambiente durante 22 horas en una solución de 1.5% de NaOH, posteriormente se lavó con agua corriente y se drenó lograndose una digestibilidad in vitro de 45.4 a 69%. Se comparó su efecto al administrarlo a borregos en crecimiento suplementados con pasta de soya-urea o fosfato de amonio, observandose diferencias significativas de ganancia de peso de (77 g/día vs. 61.5 g/día) el consumo de marteria seca (1.29 kg/día vs. 0.87 kg/día) y conversión alimenticia (7.3 vs. 14.6)

En otro trabajo (Summers y Sherrode, 1975) trataron olote de maíz con 10% de NaOH moliendo el material hasta pasar por malla de 1 mm, luego se mezcló una parte del material con una parte de solución almacenándose herméticamente durante 24 hrs, procediendo después al lavado y drenaje respectivos aumentandose con esto la digestibilidad in vitro de la MS de 48.4 a 54.9% en el olote y de 45-60% en el rastrojo.

Debido a que los métodos húmedos requieren grandes cantidades de agua y hay grandes pérdidas de materia seca; en algunos países se han incluido ciertas modificaciones utilizando un circuito cerrado donde además se efectúa una neutralización con algunos ácidos como el forfórico, clorhídrico, etc. (Homb, 1977) Tal es el caso de un trabajo realizado por Benítez et al. (1984) en el cual trataron rastrojo de maíz que fue molido con molino de martillo de malla 9 mm y después de mezclarlo se trató con 0, 4, y 8 g. de NaOH en solución /100 g de Materia seca, manteniéndose la relación agua-rastrojo de 2:1, posteriormente se almacenó en bolsas de plástico cerradas durante 48 horas y fue sometido a neutralización con HCl aumentando la relación de 3:1, en este trabajo se administró a los animales dicho rastrojo en un 80% de la ración, el 20% restante fue de concentrado compuesto de sorgo, urea y amonio obteniéndose aumentos de digestibilidad en la Materia Seca.

Fernández (1981) efectuó un experimento similar al anterior en el que se molió rastrojo de maíz con molino de martillo cuya malla era de 9 mm, después se mezcló uniformemente y se trató con 0,4 y 6 g de NaOH en solución /100 g de Materia seca manteniéndose una relación agua:rastrojo de 2:1, se almacenó en bolsas de plástico cerradas durante 48 horas, posteriormente la mitad del rastrojo se trató con 4 o 6% de NaOH y fue neutralizada con HCl industrial aumentando la relación 3:1 observándose aumentos de digestibilidad.

Benítez (1982) encontró a su vez que la neutralización mejora

el balance de N en esquilmos tratados con NaOH, además de producir incrementos adicionales sobre la digestibilidad, sin embargo para algunos otros autores no existe una mejora lo suficientemente adecuada que justifique la neutralización después del tratamiento químico recomendando por lo tanto no utilizarla ya que los costos de dicha práctica son elevados.

2.1.2 METODOS SECOS.

Los tratamientos que tienen una menor utilización de agua y por lo tanto existe una menor pérdida de Materia Seca son conocidos como Métodos secos de los cuales se revisarán algunos de los mas utilizados.

Jackson (1978) realizó un experimento en el que pulverizó la paja de trigo para someterla a la acción de NaOH 1% sin pasar por la acción del lavado, ello con la finalidad de evitar la pérdida de nutrientes que como se sabe muchos de estos son eliminados en los métodos húmedos. Una vez efectuado lo anterior dicha paja se suministró a los animales. La limitante en estos casos fue que no se podía usar mas del 5 % de NaOH/ 100 kg de paja, sobre todo cuando ésta se va a incluir en proporciones de 70% en la ración debido a que con este proceso no se elimina el álcali sobrante como ocurre en los métodos húmedos. Sin embargo, si es menor la proporción al ser incluida en la ración por ejemplo de 50% entonces puede aumentarse la concentración de dicho álcali teniendo en cuenta que se ha observado que la digestibilidad no aumenta en mas de 20 puntos porcentuales.

Uno de los primeros métodos estudiados en Dinamarca por Raxen et al. (citado por Jackson, 1978) con capacidad de 4.5 toneladas de paja tratada por hora consiste en introducir la paja en forma de pacas que se trituran y se elevan desde un molino hasta una tolva, después esta pasa por un molino de martillo y de ahí hasta el lugar donde se va a realizar el tratamiento a base de Alkali previo pasaje por un extractor de polvos y secando el material hasta un 30% de humedad. La solución alcalina contiene 30-49% de NaOH y se administra de 10-15 litros de ésta /100 de paja, después pasa por un peleteadora que aumenta la densidad de 50-500 kg cm³, como también el pH es superior a 10 se neutraliza con HCl o con ácido propiónico observandose aumentos de digestibilidad.

En otro método similar conocido como Método Boliden se rocía la paja con una solución alcalina y luego otra con ácido y con equipo especial, en dicho método se colocaron 500 kg de paja en pacas en una cámara de tratamiento con plataforma en mallas, se bombeo por debajo la solución de NaOH (4.5 g/100 kg de paja) posteriormente se pasa de un grifo de suministro de agua a la tolva que administra el Alkali. (Castañeda y Monroy, 1984; Santacruz, 1982).

Aspersión directa. El esquilmo a tratar se pasa por un molino de martillo, hasta obtener un tamaño de partícula de aproximadamente 4 cm. después por medio de una revoladora horizontal estacionaria o en una superficie pavimentada se esparce

el forraje y se rocia con una solución de 16% de NaOH Kellaway et al. (1978 citado por Jackson, 1978). si se cuenta con una unida móvil revolvedora-repartidora de alimento esta operación puede realizarse en el vehículo, en estas condiciones se recomienda aumentar la cantidad de álcali a 46 kg/ 100 de forraje seco, además en esta operación pueden incorporarse otros ingredientes como: ensilados, granos, urea y minerales traza para evitar deficiencias específicas de las pajas y rastrojos.

Existen evidencias en la literatura que rumiantes consumiendo pajas tratadas con NaOH utilizan mas eficientemente la urea suplementaria Orskov (1978, citado por Jackson, 1978) por otro lado las pajas y rastrojos tratados de esta forma pueden ser almacenados sin peligro de descomposición. (Jackson, 1978; CIDA, 1977).

En explotaciones agrícolas se ha rociado la paja seca con una solución de NaOH al 4%, el volumen de agua utilizado dependerá de la uniformidad de la aplicación, siendo en el mayor de los casos 50 l. de agua / 100 kg de paja. En este método es conveniente dar a los animales el día después del tratamiento ya que la digestibilidad aumenta considerablemente en las primeras 24 horas después del tratamiento .Ololade et al. (1970 citado por Castañeda y Monroy 1982).

Ochoa et al. (1985) efectuaron un experimento en el que se administró rastrojo de maíz de variedad no identificada a los animales, dicho rastrojo previamente se molió con malla 9 mm y se

mezcló uniformemente para poder tratar con 0, 4 y 6 g de NaOH en solución / 100 kg de materia seca, manteniendo una relación agua-rastrero de 2:1, este material se almacenó previamente en bolsas de plástico cerradas durante 48 horas, los resultados por análisis de varianza puede observarse en el cuadro 6.

NO MAY PAGE

47
=

En otro trabajo se estudio el tratamiento alcalino de 4 esquilmos tratados con NaOH o NH₃, los esquilmos fueron de paja de trigo, tazol de sorgo, tazol de soya y cascarilla de algodón. Las pacas de estos esquilmos se molieron en molino de martillo (malla de 2 mm) y se aplicó 0,3 y 6% de NaOH o amoniaco en base seca, este último se utilizó como hidróxido de amonio o acuamonía, en el caso del tratamiento con NaOH las muestras se conservaron en bolsas de polietileno / 48 horas, posteriormente se secaron en estufa de aire forzado a 65°C, para el caso del amoniaco los esquilmos se conservaron en frascos de vidrio/ 21 días a temperatura ambiente y posteriormente se secaron y analizaron químicamente. (Jackson, 1978) Cuadro 7.

CUADRO 7

COMPOSICION NUTRITIVA Y DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA MATERIA SECA DE NUEVE ESQUILMOS AGRICOLAS DE IMPORTANCIA EN SONORA.

Esquilmo	MS %	MD %	PC %	DIVMS %	FDN %	FDA %	Hemice- lulosa %	Lignina %	Celulos- a %
Paja de trigo	94.7	87.7	5.6	50.9	76.3	50.0	26.3	7.9	38.8
Rastrojo de maíz	91.8	90.7	5.5	63.0	73.4	43.0	30.4	6.7	31.2
de sorgo	93.2	85.5	4.3	43.0	72.4	50.9	21.7	6.4	37.9
chicharo	91.3	88.8	6.2	65.9	63.4	53.1	10.0	14.2	38.9
de garbanzo	91.8	92.1	3.2	50.5	67.7	54.1	13.4	15.9	38.0
de frijol	91.7	91.7	6.0	56.6	66.6	55.6	11.0	14.8	39.0
de soya	95.8	94.3	4.3	39.0	78.0	64.2	13.4	16.4	48.0
Cajilla de algodón	90.3	82.1	8.3	39.1	70.0	62.8	7.2	22.2	37.1
Cascarilla de algodón	93.5	92.9	6.2	27.3	87.2	72.5	14.7	22.7	46.0

En el cuadro # 7 se hace evidente que los rastrojos de cereales tienen un contenido de lignina mas bajo y un contenido de hemicelulosa mas alto que los tazoles de leguminosas, lo cual explica el porque en el experimento respectivo este grupo presentó una mejor respuesta al tratamiento alcalino. Se puede observar también que los esquilmos que mejor respondieron fueron los que redujeron su contenido de hemicelulosa en un 30% cuando se trataron con un nivel de 3% de álcali.

Existen métodos secos donde se ha implementado la neutralización del álcali y la suplementación proteica, tal es el caso del método de anclaje que se describe a continuación.

Anclaje: Es un sistema que consiste en un procedimiento de aplicación continua de la solución de álcali al momento de cosechar y picar el rastrojo o paja antes de su embalaje y transporte, en esta forma se simplifica la operación, reduciendose el costo de la mano de obra y manipulación. En detalle este procedimiento requiere de 2 sistemas de inyección independientes, adaptados a la máquina cosechadora y conectados a dos recipientes conteniendo uno de ellos una solución de NaOH al 12.6%, la cual se emplea en una proporción de 190 l/ ton de forraje y otra solución de urea, Ac sulfúrico y Ac fosfórico 50 l/ ton de forraje, la cual proporciona 11.5 g de N, 1.2 g de S y 1.6 g de P / kg de forraje (CIDA, 1977; Jackson, 1978).

Dentro de este método, los ácidos utilizados neutralizan parte del NaOH adicionado, dejando una concentración de 40 g NaOH/ ton de forraje. El valor nutritivo del forraje con este método es de 8 mj de energía metabolizable/ kg de MS, valor que es superior al de las pajas sin tratar (5 mj/kg de MS) y de acuerdo a algunos experimentos, con este método se pudo mantener el peso de los animales ya que permitió ganancias modestas de 350 g/ día. El valor nutritivo de pajas tratadas de avena y arroz han mostrado ser superiores a la paja tratada de trigo (Castañeda y Monroy, 1982).

Feirst et al. (citado por Perez--) trataron pajas duras con NaOH moliendola previamente hasta pasar por malla No. 40, se hicieron suspensiones de aserrín en 50 ml de la solución de NaOH al 0.5% a temperatura ambiente por 2 horas, lavando con agua destilada y la digestibilidad aumentó de 33 a 55%.

2.2 PORCENTAJE DE ALCALI EN EL TRATAMIENTO DE ESQUILMOS AGRICOLAS.

El tratamiento de esquilmos a diferentes porcentajes en diversos trabajos han demostrado que entre mayor sea dicho porcentaje mayor es la digestibilidad que se obtiene (Castañeda y Monroy, 1984) Hasta el momento los máximos porcentajes utilizados han sido de 12 y 18%, sin embargo se ha observado que el NaOH ha tenido mejores resultados en niveles de 6-8% comprobando que aumenta la digestibilidad en un 40% y el consumo voluntario incrementa alrededor de un 50% dependiendo del tipo de ración, también se obtienen mejores resultados en cuanto al máximo de Materia orgánica digestible y el máximo de retención de N (Benítez, 1982; Zorrilla, 1982). En la materia orgánica digestible se han encontrado aumentos en 3.6 unidades/10 g de NaOH /Kg de MS observandose sin embargo que por arriba de estos valores no hay efecto si el forraje constituye con mas del 70% de la ración.

Se ha observado también que la digestibilidad aumenta linealmente hasta niveles de 4 kg/ 100 g de MS concluyendo que concentraciones mayores de 10% pueden resultar perjudiciales para los microorganismos ruminales Mc Manus (1970 citado por Fernández, 1981).

Por lo anterior, a la fecha existen ciertas interrogantes sobre el efecto que pudiera tener el alimentar a los animales con esquilmos tratados a base de soluciones alcalinas, pero como se ha mencionado y analizando otros trabajos se ha encontrado que

porcentajes de 6% de NaOH y alimentando por periodos de hasta 160 días no se han encontrado efectos adversos en los animales.

Calderón et al. (1975) por ejemplo, obtuvieron conversiones de 5.05 a 6.27 kg en animales alimentados con rastrojo de maíz tratado con NaOH al 4% y por un periodo de 91 días sin daño en los animales. sin embargo, se recomienda ser cuidadoso cuando el forraje va a ser el principal ingrediente de la ración, en estos casos se aconseja utilizar de 4-5 kg NaOH/ 100 cuando el forraje tratado representa la mitad de la ración (Jackson, 1978). Hay otro aspecto importante a señalar y es el hecho de que al ocurrir una ingesta excesiva de NaOH el animal tenderá a consumir cantidades mayores de agua en la alimentación en la intención de eliminar el exceso de sodio através de la orina, lo cual se puede complicar un poco en la práctica respectiva sobre todo en épocas de sequía (Zorrilla, 1982). Es por ello que si se realiza un buen lavado, el Na que inicialmente se encontraba en una proporción de 0.70- 0.16% después de éste y habiendo sido realizado de manera adecuada puede ser hasta de 0.5 - 0.8% (Jackson, 1978).

Eventualmente se han utilizado hasta 15-20 kg /día de forraje tratado en vacas lecheras lo cual representa aproximadamente un tercio de la ración, mientras que en bovinos productores de carne se han administrados de 8- 16 kg e incluso 24 kg/día sin observar problemas, encontrandose que entre mayor porcentaje represente el esquilmo en la ración es mas favorable, sobre todo en animales de mas baja producción como son las vacas gestantes. (Castañeda y Monroy, 1982).

En un experimento efectuado por Llamas et al. (1975), se encontró que había una mejor respuesta al NaOH aplicado por aspersión y cuando la paja representaba de 7-8%. En otra de las investigaciones los resultados en cuanto a incrementos de DIVMS fueron favorables cuando el NaOH se utilizaba al 3-4% observándose que la mayor conversión se obtenía con una concentración de 6% (Llamas et al. 1986; Fernández, 1981).

3. SUPLEMENTACION.

El utilizar compuestos alcalinos para aumentar la digestibilidad tal como el Hidróxido de Sodio da resultados satisfactorios (Benitez, 1984; Gómez, 1988; Fernández, 1989) sin embargo conociendo que los esquimmos son pobres en N por un lado por su gran contenido de lignocelulosa y por otro lado porque al tratarlos con productos alcalinos se acelera la liberación de amoniaco liquido ruminal ocasionando niveles deficientes de amoniaco para la síntesis proteica (esto porque con una ración con menos de 8% de N se reduce considerablemente el crecimiento bacteriano y por tanto la utilización de fibra), es aconsejable darlos con algunos suplementos cuya finalidad es corregir el desbalance nutricional y mejorar la eficiencia de utilización de los pastos o forrajes, ya que se aprovecha mejor la energía digestible. es por ello que diferentes autores como Calderón et al. (1975) trataron rastrojo de maíz con NaOH colocandolo en un comedero de canal de cemento, después se embebió con solución de NaOH al 4% y se cubrió con plástico. a las 48 horas se proporciono a becerros Holstein durante 91 dias complementando con melaza y concentrado en un 60% . no se observaron mejoras en la ganancia de peso, pero si se mejoro la conversión alimenticia de 5.05 a 6.22 Cuadro 8 y 9.

CUADRO 8.

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL PASTORJO DE MAÍZ TRATADO CON NaOH 4%

	sin tratar	tratado
Mat. seca	89.22	69.27
Cenizas	1.14	2.74
Extracto Etéreo	1.91	1.22
Proteína cruda. (N x 6.25)	3.73	3.48
Fibra cruda	36.08	21.44
Paredes celulares (en base húmeda)	55.01	63.76
Paredes celulares (en base seca)	81.12	71.38

Cuadro 9

RESULTADOS DE GANANCIA DE FESO, CONSUMO DE ALIMENTO Y CONVERSION ALIMENTICIA AL ADMINISTRAR PAJA TRATADA CON NaOH 4%.

Periodo (91 días)	sin tratar	tratado
Peso inicial (kg)	154.50	155.75
Peso final (kg)	222.25	222.25
Ganancia total (kg)	67.75	66.50
Ganancia promedio diaria (kg)	0.740	0.73
Consumo promedio diario	8.36	6.91

* Significación estadística al nivel $P < 0.05$

** Significación estadística al nivel $P < 0.01$
de materia seca total.

Diaz et al. (1982) encontraron que las vacas lecheras alimentadas a base de residuo de cosecha mostraron pérdidas de peso cuando dicho residuo no se trataba con NaOH o se hacía con niveles bajos de éste (2%) en cambio, cuando fueron tratadas con

3-4% de NaOH tuvieron acceso al pasto en forma restringida y se suministró 2.7 kg de suplemento proteínico mineral (soya 87%, harina de pescado 6%, urea 5.5%, sales minerales 1% y vitamina A 10.5 UI/Kg) se registraron consumos de 10-11 kg de MS, producción de leche 9.4-9.7 kg/vaca/día y ganancia de peso de 190-490 g/animal/día.

Gutiérrez et al. (1986) también realizaron experimentos en los que suministraba esquilmos tratados con NaOH 6% además de suplementos nitrogenados tanto proteicos como no proteicos, en observaciones sobre la digestibilidad del rastrojo de maíz y médula de caña encontro en efecto, aumentos en la DMS Y DMO con el tratamiento químico, sobre todo para la médula en un (64.45%) mientras que para el rastrojo (38.83), además se observó que la suplementación con NNP (Urea) sin tratamiento químico no afecto la DMS o DMO, en cambio al tratar con NaOH hubo un incremento significativo.

Trabajos con el mismo propósito se realizan en Cuba donde constituye un procedimiento generalizado la utilización de bagacillo mezclado con miel-urea, el bagacillo es predigerido con NaOH al 2-3% y después de adiciona un 15% de miel y 10% de urea, este alimento se utiliza como violuminoso y los consumos están entre 6 y 7 kg por vaca por día.

Rach et al. (1977, citados por Castañeda y Monroy, 1982) alimentando vaquillas y Toretas con paja de soya sin tratar y con suplementación, encontró incrementos de peso promedios de 400-450 g.

Rendel (1982) trató bagazo de caña con 2% de NaOH a temperatura ambiente por 24 horas, se drenó y lavó el bagazo con agua corriente por 30 minutos, agregando a este bagazo de maíz en un 18.45% melaza, harina de pescado 27%, urea 2.5% y otros ingredientes 2.5% y se administró a vacas en lactación por 30 días, los resultados fueron: Producción diaria 17.2 y 16.1, grasa en leche 3.13 y 3.68, sólidos en leche 11.78 y 12.39%.

Estudios más recientes realizados por Gutiérrez (1986), indican que también existe una diferencia en cuanto al tipo de suplementación ya sea energética o nitrogenada y esta última ya sea proteica o no proteica, observando que la no proteica no afecta la DMS o DMO con el rastrojo de maíz o módulo de caña, pero si esta última es tratada químicamente la DMS y DMO aumenta, por otro lado en materiales con y sin tratamiento químico la DMS y DMO aumenta con la suplementación proteica, sin embargo debemos tener en cuenta que con dicha información se limita la utilización del rastrojo a la disponibilidad y precios actuales de los suplementos (Castañeda y Monroy, 1982; Gutiérrez, 1986; Fernández, 1981).

Es importante tener en cuenta esta alternativa de utilización de los subproductos con suplementos, aunque algunos autores como Jackson (1978), menciona que los resultados de digestibilidad son deficientes cuando se adiciona a la dieta más de 30% de concentrados, indicando que para que esta sea favorable puede aumentarse la concentración de Alkali / 100 Kg de paja ya que así

se mantienen las condiciones necesarias para la correcta actividad de los microorganismos celulolíticos, que con el aumento de concentrados se aumenta el pH ruminal y por ende se disminuye su actividad, lo que repercute en una baja digestibilidad del forraje. Sin embargo algunos estudios señalan que esta disminución no sucede si en lugar de dar concentrados se proporciona otro suplemento de alta calidad como las gramíneas secas (Jackson, 1978).

En los casos en que la suplementación es energética, es necesario ser precavidos al añadir estos productos a dietas basadas en forrajes, ya que la digestibilidad de la fibra y el consumo de alimento se pueden ver afectados, para evitar esto se ha sugerido que se debe proporcionar una cantidad de proteína ligeramente mayor para asegurar una degradación normal de la celulosa (Ramírez et al. 1982).

4. COMBINACION DE PROCESOS FISICOS Y QUIMICOS EN EL TRATAMIENTO DE ESQUILMOS AGRICOLAS.

En algunos trabajos se combinaron tratamientos físicos con químicos con la finalidad de disminuir los niveles requeridos de álcali, observando además un efecto aditivo con ambos tratamientos.

Martin et al. (1976), efectuaron experimentos de digestibilidad del bagazo y bagacillo de caña utilizando NaOH y presión a vapor, con la finalidad de bajar los niveles de éste, las concentraciones utilizadas fueron de 0, 4, 5 y 6 g de reactivo/ 100 g de material y presiones de vapor de 2, 4 y 6 atm. Se molió el bagacillo y bagazo hasta pasar por malla de 1 mm y después fue tratado con NaOH y sometido a vapor para posteriormente ser secado al aire, observandose que tanto para el bagazo como para el bagacillo el efecto de los tratamientos bajo dichas condiciones incrementó la digestibilidad. encontrandose también una mayor degradación enzimática para el bagacillo que para el bagazo. El mismo autor estudió el efecto del molido y el tratamiento químico de la paja de maíz con NaOH encontrando hasta un 15% más de digestibilidad respecto a cuando solo la paja fue desmenizada y tratada.

Donofer y Pastrana (1979 citados por Jackson, 1978) trataron bagazo con NaOH 4% y vapor a gran presión (8 kg/cm² a 170°C , observando que aumentaba la digestibilidad in vitro hasta un 20% y añadiendo 3 g de NaOH / 100 g de paja antes de la cocción

aumentó en un 40%, igualmente observaron disminución en la digestibilidad e ingestión si no se añadía NaOH.

Guggolz et al (citado por Jackson, 1978) trató pajas con NaOH en forma simultánea a la adición de vapor, primero se molió la paja en un molino de martillo con malla de 1 mm, posteriormente se sometió a una presión de vapor de 28 kg/cm² durante 4 min colocándolo en un recipiente de acero inoxidable con tapas y con grosor suficiente para soportar 50 Kg/cm², se añadió solución de NaOH al 3%, se procedió a cerrar hermeticamente para después sumergir en baño de agua fría y finalmente el material se puso a secar en horno con vacío a 60°C. La digestibilidad de la materia aumentó un vitro de 35-79% por aumento de carbohidratos solubles, con una disminución de lignina hasta en un 50%.

Se ha observado también que al tratar forraje con NaOH y presión a vapor hay disminuciones en la cantidad de lignina con aumento en el contenido de carbohidratos solubles y Pentosanas. (Llamas y Shimada, 1979).

Un apráctica complementaria al tratamiento alcalino es la propuesta por Ferguson (1986, citado por Castañeda et al. 1982) en la cual se mantiene una temperatura de 0-7°C durante el tratamiento, en tales condiciuones se han reportado aumentos en los coeficientes de digestibilidad.

5. TRATAMIENTO DE LOS ESQUILMOS CON AMONIACO.

Investigaciones realizadas utilizando diferentes álcalis, han demostrado que el NaOH da mejor resultado, sin embargo algunos autores como (Llamas, 1985) señalan que la sosa es costosa y produce rápida depreciación del equipo, es por ello que se recomienda sea sustituido por otros álcalis como por ejemplo NH_3 en gas o NH_4OH líquido que es más común y se produce abundantemente en México, además de tener la ventaja de que proporciona N, mismo que es retenido por los forrajes en un 26% del total aplicado. Kellawais (1980, citado por Brigada --), por otra parte dicho N puede ser utilizado por los microorganismos ruminales para convertirlo en proteína, además de que no deja álcalis residuales en el material bajo tratamiento, cabe señalar sin embargo que tiene la desventaja de ser un poco menos soluble y más tóxico que el NaOH.

La forma en que actúa el NH_3 por su parte es solubilizándose en agua produciendo NH_4OH por lo que su acción benéfica dependerá de la cantidad de humedad del forraje siendo desventajoso en los lugares muy áridos (Moya, 1982; Brigada, -).

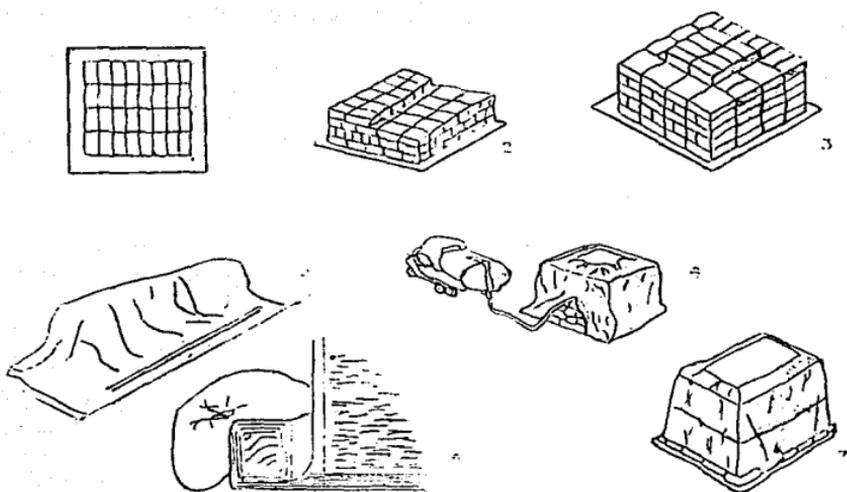
Uno de los métodos que utiliza amoníaco anhidrido es el método "Noruego" que aplica amoníaco a pajas con una humedad promedio de 8-12%, siendo este el promedio de humedad de los esquilmos bien empacados. En una de las investigaciones con este método se recomienda emplear 30 kg de NH_3 /ton de paja durante un plazo de 6 semanas, envolviéndola primero con una lona de

polietileno e inyectando NH_3 gaseoso para proceder después a sellar el envoltorio.

Kholer et al. (1979 citado por Verdin, 1990) efectuó tratamientos con este mismo álcali en un sistema cerrado, en este caso se cubrió la paja con plástico y se inyectó NH_3 gaseoso o anhídrido (4-6% / unidad de peso de la paja), la reacción se llevó a cabo durante un lapso de 30 días, encontrando buenos incrementos en digestibilidad (20-30%) y el contenido de proteína cruda ($\text{N} \times 6.25$) de los residuos se incrementó alrededor de un 100%.

Jackson (1970) por su parte utilizó el NH_3 de la siguiente manera: se estibarón 4 ton de pacas en 5 capas y se cubrieron con 8.8 m por 20 m de superficie y 0.3 mm de grosor, (la dimensión puede variar dependiendo de la cantidad de paja tratada), con una manguera se inyectó amoníaco en gas al 3.5%, el tiempo de inyección de 3 horas y permitiéndose un tiempo de reacción de 3 semanas antes de realizar el muestreo, con dicho tratamiento se pudo observar un incremento de 8 unidades de digestibilidad in vitro de la MS (DIVMS). La proteína también aumentó de 3.1% a 10.6% debido a la adición de NH_3 . Sundstol et al. (1977 citado por Jackson, 1978) modificando el factor humedad del forraje para este mismo tratamiento, obtuvo mejores resultados, dicho autor utilizó un 30-40% de humedad y 30-40 g de $\text{NH}_4\text{OH}/\text{kg}$ de MS a 20-40°C por 4-6 meses, la paja se aereaba 3 días antes de suministrarse a los animales. (FIG 6)

FIG 6



Operaciones de tratamiento a granel de la paja con NH_3 en pilas cubiertas

Sundstol *et al.* (1977 citado por Jackson, 1978)

Otros experimentos realizados in vivo, han demostrado un efecto benéfico del tratamiento de pajas con 3-3.5% de NH_3 en la digestibilidad aparente y el consumo voluntario.

En promedio las condiciones a que debe someterse la paja y rastrojos con amoníaco en gas o líquido se podría resumir así:

!Dosis	30-40 g/ NH_3OH /kg de MS	!
!Temperatura de reacción	35-40°C	!
!Tiempo de exposición	4-6 semanas	!
!Humedad del forraje	30-40 %	(Brigada, -) !

Siendo el amoníaco una base débil, no se logra el aumento de digestibilidad como se podría obtener con el NaOH , (que es una base fuerte) observado por ejemplo que la mayor digestibilidad para el NH_3 se logra con 3 kg de NH_3 /100 kg de paja, como máximo, sin embargo (Gutiérrez, 1981) encontró que este álcali en concentración de 6-9% lograba la solubilización adecuada de la celulosa. Otros autores enfatizan además la ventaja de ahorrar agua en el lavado indicando también que esta paja en términos de energía, es buena comparativamente a la utilización de alfalfa de buena calidad para fines de producción animal.

Como se ha mencionado, la cantidad de álcali y las características del tratamiento dependerá del tipo de forraje a tratar, tiempo de contacto con dicho álcali así como las condiciones del tratamiento en cuanto a temperaturas, presiones, etc, (Jackson, 1978) .

6. TRATAMIENTO DE ESQUILMOS CON OTROS COMPUESTOS QUÍMICOS

6.1 UREA

La diferencia de proteína de los esquilmos también puede ser mejorada con tratamientos a base de urea; se han realizado trabajos empleando 10% de este producto con buenos resultados, ya que traen consigo la liberación de NH_3 incrementando así el NNP y aumentando por tanto substancialmente la proteína cruda; otra ventaja es reducir la cantidad de FDN y FDA de las paredes celulares Ortega y col. (citado por Verdín, 1990). Este mismo autor realizando experimentos en los que utilizó NaOH al 4% y Urea al 10% para aumentar así la digestibilidad del rastrojo de malz encontró aumento substancial de PC, debido a que mediante dichos procedimientos este tratamiento adicionó NNP al esquilmo, la PV disminuyó ya que hubo liberación de proteína estructural por efecto del tratamiento, por otra parte se encontró disminución también de ELN así como de la FC. Paralelamente se realizó un trabajo en que se utilizó NaOH en lugar de urea y hubo disminución de PC y un aumento de PV debido a la solución de P. Celular que liberó parte del N proteico incrementando así la materia orgánica, por su parte aquí también disminuyó la FC.

Para probar el efecto de conservación del material tratado se reporta que después de un tiempo de haber tratado a base de este compuesto hubo una disminución de PC quizá debido a que aumentó el contenido de amoníaco derivado de la hidrólisis de la urea, y el ELN aumentó debido a la menor agresividad del tratamiento sobre los enlaces de lignocelulosa. En cambio después de un tiempo

de haber tratado a base de NaOH hubo aumento de la PC debido quizá a un mayor contacto entre el rastrojo y el tratamiento lo que permitió romper los enlaces lignocelulocíticos, por su parte el ELN disminuyó debido a la solubilización de algunos carbohidratos.

6.2 TRATAMIENTO CON KOH.

La utilización de este compuesto para el tratamiento de subproductos es benéfica ya que se ha encontrado que aumenta la digestibilidad en forma similar al NaOH, con la ventaja de ser mas palatable, sin embargo es caro y por lo tanto poco utilizado (Brigada; Jackson, 1978).

6.3 TRATAMIENTO CON Ca(OH)₂.

Los tratamientos a base de hidróxido de calcio han sido empleados con éxito pero presentan la desventaja de que dicho compuesto es poco soluble y por tanto actúa mas lentamente, aconsejándose ensilar por 4-5 meses (o bien realizar combinaciones por ejemplo con NaOH) obteniéndose resultados positivos (Jackson, 1978; Castañeda y Monroy, 1984). Al parecer es adecuado tratar la paja con este compuesto por ser barato, es por ello que (Castañeda y Monroy, 1984) realizaron una mezcla con 1 kg de Ca(OH)₂ y 3 de NaOH para tratar 100 kg de paja con resultados superiores a los que se obtendrían al utilizar 4 kg. de NaOH. Cuadro 10, por lo que conviene tener en cuenta este producto como alternativa para el tratamiento de esquilmos.

Cuadro. 10

Digestibilidad del NaOH y de Ca(OH)₂ de la paja tratada con el método de Backman.

Alcali utilizado	tallo de maíz		tallos de sorgo	
	FC	Extracto no nitrogenado	FC	Extracto nitrogenado
Sin tratar.....	52.....	59.....	50.....	51
Ca(OH) ₂	77.....	65.....	84.....	59
NaOH	92.....	61.....	94.....	69

VI. TRATAMIENTOS ENZIMATICOS (MICROBIOLOGICOS).

La finalidad en la utilización de tratamientos enzimáticos es al igual que en los casos anteriormente descritos la producción de carbohidratos solubles que puedan ser aprovechados por los animales (Jackson, 1978). Varios son los forrajes toscos que han sido así tratados: paja de trigo y bagazo de caña principalmente con *Trichoderma viridae*, *Pleurotus*, *Saccharomyces*, entre otros (Zadrazil, 1980; Calzada et al. 1987). En pajas tratadas con *Trichoderma viridae* se observó liberación de azúcares reductores, ya que este hongo posee una enzima celulolítica que cataliza la celulosa hasta carbohidratos solubles y proteína celular. En una investigación realizada por Picón (1987), se empleo paja de avena picada y tratada con *T. viridae* en cultivo líquido con 20 y 40% de MS del forraje y realizó pruebas de digestibilidad in vivo con borregos Pelibuey de 5-8 meses y de 18 kg promedio de p.v, aunque en los resultados de composición química no se obtuvieron variaciones con excepción de la fibra cruda, se concluyó que la aplicación de *T. viridae* no modifica sustancialmente los constituyentes de la pared celular, sin embargo se observaron consumos mayores respecto al forraje sin tratar, por lo que merece tomarse en cuenta para posteriores investigaciones.

Autrey et al. (1974) trataron ensilaje de maíz con la enzima celulasa proveniente de *T. viridae* en proporción de 0, 0.5, 0.1, y 0.2% en BS. se colocó dicho ensilaje en bolsas de plástico y se ensiló a diferentes alturas por un periodo de 1 año .

después se midió la digestibilidad en vascas fistulizadas obteniendo la máxima digestibilidad de 51 % con una concentración de enzima de 0.5%.

Henderson y McDonald (1977 citado por Pérez--) estudiaron la desaparición de celulosa en los ensilajes de varios tipos de pastos en su mayor parte constituida por la especie Lolium perenne con 11.5% de materia seca y 25% de celulosa en base seca adicionados con celulasa producida por Aspergillus niger. Se cortó se sometió a secado hasta alcanzar un 25% de materia seca y se se ensiló en tubos de ensayo (100 ml. de capacidad), antes de ensilarlo se le añadió la enzima en proporción de 4g/kg de pasto fresco. Los silos se mantuvieron en un rango de 22-26°C y se abrieron al cabo de 133 días para analizar el contenido y se encontró que la desaparición de celulosa fue de 24.9%. Se hizo el mismo tratamiento sobre el pasto sin someterlo a secado y se obtenía una degradación de celulosa del 36.1%.

Autrey et al. (1974) estudiaron el efecto del pretratamiento con NaOH al 2%, seguido de un lavado con agua, sobre el ensilaje de heno de pasto bermuda adicionado con enzima producida por T. viridae. El material se remojo durante 24 horas, en la solución alcalina, luego se acidificó con ác. acético hasta un pH de 5.2, se lavó y se drenó, luego se añadió la enzima en dos diferentes proporciones: 0.72 y 1.44%. Se ensiló durante 5 días, se obtuvieron digestibilidades de celulosa in vitro de 60.7 y 61% respectivamente. Sin el pretratamiento alcalino se obtienen

digestibilidades de 39 y 32% y prescindiendo solamente del lavado se obtiene 58.7% para 0.72% de enzima.

Un estudio realizado por Neri y Pérez (1980 citado por Pérez, 1978) consistió en la pre digestión del rastrojo de maíz por medio de las bacterias del contenido ruminal y solución buffer de fosfatos en proporción de 40, 52.2, y 78% respectivamente, en este caso las muestras se ensilaban por un periodo de 45 días. Se obtuvo una digestibilidad in vitro de 59.67 % para el rastrojo predigerido y 61.27 % para el nativo.

Así como muchos tratamientos físicos sirven de base o como complemento a tratamientos químicos, estos últimos también desempeñan función equivalente con respecto a los tratamientos enzimáticos cabiendo subrayar que la combinación de tratamientos aumentan la potencialidad energética de los subproductos lignocelulolíticos al grado de poder compararse a estos con forrajes de mediana a buena calidad. (Bakski et al. 1986)

VII. FACTORES QUE DETERMINAN EL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LOS ESQUILMOS.

El efecto de los tratamientos sobre un esquímulo determinado va a depender de la composición química de estos, así como la especie, variedad, año y tipo de proceso que se utiliza. También influye su porcentaje, el tipo de suplementación etc. (Horton y Steacy, 1979). Fernández (1986) observó que en forrajes de menor calidad, la respuesta es mayor a los tratamientos físicos que forrajes de mayor calidad, en cuanto a la proporción en la dieta se ha observado que hay mayor respuesta cuando estos materiales se dan en proporción importante dentro de la ración y así mismo la digestibilidad disminuye cuando la alimentación es ad libitum comparativamente cuando es restringida.

Otros factores que también repercuten en este sentido son: El método de recolección así como el manejo que se da a los forrajes después de la cosecha, lo que está relacionado con la contaminación, (sobre todo con tierra) elevando directamente el contenido de materia inorgánica indigerible. (Arzola et al. 1985).

Fernández (1986) tratando de probar el impacto de uno solo de los factores señalados (el de la cantidad de producto en la ración) encontró diferencias significativas con otros autores, sobre todo en casos en que el forraje constituye 85% o más de la ración, dicho autor concluye que estas diferencias se deben a la cantidad de forraje ofrecido ya que cuando es alta la

disponibilidad de aquel aumenta también el rechazo y por lo tanto el desperdicio repercutiendo finalmente sobre la digestibilidad.

Mesa y Col. (citado por Verdin, 1990), señalan que los mejores resultados se han obtenido para subproductos de cereales ya que estos presentan mas cantidad de hemicelulosa si las comparamos con las leguminosas o subproductos de algodón ya que estos últimos tienen mas cantidad de lignina (Jackson, 1979; Verdin, 1990).

Gutiérrez (1986) al tratar químicamente rastrojo de maíz y médula de caña, observó que la DMO de la médula fue muy superior a la DMS de la misma debido a que tiene mayor salicificación.

VIII. OTROS SUBPRODUCTOS QUE PUEDEN SER INCLUIDOS EN DIETAS PARA ANIMALES

Trabajos realizados por varios investigadores, reportan que la alimentación de los animales puede ser mantenida favorablemente empleando otros subproductos agrícolas como: Bagazo de manzana, Cáscara de limón, Harina de higuera, Drujo de uva, Paja de arroz, Salvado de paja, Pulpa de cítricos, Pulpa de café, Bagazo de Agave tequilero, Vinazas condensadas, Ensilaje de huisache y de Mezquite, Follaje de pino etc. Además de los esquimos. A continuación se evaluarán brevemente estos subproductos en la línea de alimentación animal.

Bagazo de manzana.

En un experimento realizado con ovinos en confinamiento durante 81 días, se formularon 4 raciones con 0, 15, 30 y 45 de bagazo de manzana en base seca, las cuales fueron isoproteicas (13.9% PC) y tuvieron valores semejantes de NTD y fibra cruda (62.4% y 20.6%) respectivamente, las ganancias de peso obtenidas fueron 0.26, 0.24, 0.247 kg/animal/día para tratamientos con 0, 15, 30 y 45 % de bagazo respectivamente. Calculándose también conversiones de 8.9, 9.53, 16.54 y 10.06 kg de alimento / kg de aumento de peso correspondiendo la secuencia de tratamientos con 0, 15, 30 y 45% de bagazo. Se ha concluido que el bagazo de manzana puede ser utilizado hasta el nivel de 45% de la ración en ovinos sin deterioro de la ganancia de peso.

Harina de Higuierilla. (Ricinus comunis).

Generalmente no es usada por su alto contenido en ácido Ricinoleico, se ha evaluado la harina de su almendra en términos de composición química y digestibilidad en vacas Holstein con 10, 15 y 20% de harina de higuierilla encontrándose que el contenido proteico y digestible fue PB 30.6 y 8.78 ; ELN 31.7 y 81.84; FC 22.6 y 25.4; grasa 7.3 y 7.4; NTD 68.7%; Cenizas totales, Calcio y Fósforo fueron 7.8%, .11%, y 1.32% en base a (92.9% de MS) pero no se encontraron diferencias significativas en digestibilidad de los componentes nutritivos en las raciones con 10.15 y 20% de harina de higuierilla que en promedio fueron (%) PC. 72.9, 83.9, 85.5; ELN 83.1, 85.13, 77.22; Fibra 32.41, 15.98 y 28.02; Grasa 55.6, 87.9, y 80.8. El contenido de NDT de las raciones fue 65.14, 70, 71, y 70.20 para los niveles de 10.15 y 20% de inclusión de harina de higuierilla respectivamente. (Carbajal, 1985)

Orujo de uva.

Dicho producto se obtiene del procesamiento de la uva en la industria vinícola.

Vañados (citado por Tirado, 1982) establece que del total de la uva procesada en términos medios, un 20% se libera en forma de orujo de uva y contiene aproximadamente un 50% de humedad. En México se producen actualmente 50 000 ton de orujo de uva y alrededor de 25000 ton de MS en Aguascalientes, uno de los estados mas productores de Vid, y que merece tenerse en cuenta

para su aprovechamiento en la alimentación de los animales..

El orujo esta constituido por la piel, hollejo, pepita o semilla y la pulpa o mosto. La composición química de los orujos de uva varia de acuerdo a la variedad que se trate y al proceso industrial al que se somete. En general, la composición media es MD 94.73, PB 11.79; Grasa 10.95; FB 26.33; ELN 45.66 Cenizas 5.27 y se menciona que la cantidad de orujo que se puede suministrar a los animales varia de acuerdo a la forma de presentación del producto. CUADRO..11

Cuadro...11

Niveles de suministro de Orujo de uva de acuerdo a su presentación.

	Orujo fresco en Kg	Orujo seco Kg
! Bov de ceba.....	15.....	2-4
! Vacas en producción.....	10.....	1.5-3
! Ovinos.....	4-5.....	5-1
! Cerdos.....	2-3.....	1

En lo que respecta a la conservación y composición química del orujo se han evaluado diversos métodos como el ensilado, donde se observan aumentos en la digestibilidad de la MS hasta los 60 días, pero se ha encontrado que dicha digestibilidad disminuye de los 90 a los 120 días.

Paja de Arroz.

O'Donovan y Chen (1972) suministraron a novillos lecheros en crecimiento raciones en las cuales la paja de arroz picada representaba el 25 y 35% de la mezcla total, el resto consistía en melaza de caña, rodajas de bionato, harina de soja y urea. Las ganancias diarias de peso vivo oscilaron entre 460 y 820 g. reflejando el primer nivel con un bajo contenido de soja en la ración y un efecto depresivo de la melaza de caña de 45%. Se han obtenido buenas ganancias de peso cuando los ingredientes de pienso exepcto la harina de soja eran de producción doméstica y alrededor de dos terceras partes de la ración consistía en paja de arroz y melaza.

Salvado de Piña. (Pulpa)

Es la piel y corazón de la piña que representan el 40-50% del peso total de la piña, los valores del salvado y del heno de piña son de 118.8 y 85.8 mcal/100 kg, el salvado fresco suele contener solo 10% de MS por lo que su transporte para alimentación animal es difícil, por lo tanto se ha conservar en forma de ensilaje en donde se mezcla el salvado de piña fresco con otros ingredientes rícon en MS . Cuadro 12.

Cuadro 12.

Ingrediente.	Mezcla de ensilaje					
	1	2	3	4	5	6 %
!Salvado de Piña húmedo.....	75	65	75	65	65	82
!Paja de arroz picada.....	10	20	10	20	20	7.5
!Harina de maíz.....	15	15	5	5	-	-
!Melaza de caña.....	-	-	10	10	15	15
!Rodajas de Bionato.....	-	-	-	-	-	-
!Urea adicional	1	1	1.5	1.5	1.5	-
!% de Materia Seca.....	28.8	32.2	27.6	35.2	34.6	26.2

Pulpa de Cítricos.

Son subproductos de la industria de cítricos que contienen alrededor de 25% de MS y pueden conservarse en forma de ensilaje si se mezclan con otros ingredientes como melaza, urea, y bagazo y pueden también secarse al sol o en tambores rotatorios, se ha observado que la pulpa de cítricos desecada puede constituir hasta el 40% e la ración total, también el coeficiente de digestión de la caloría de acuerdo a algunos resultados fue mayor cuando se incluyó en la dieta mixta pulpa de cítricos en una porción del 40% y en ganado vacuno se han obtenido ganancias satisfactoria cuando el 70% de la porción concentrada consistía en pulpa de cítricos.

MEZQUITE.

Es un producto que contiene 13-16% de PC y mas de 30% de sacarosa.

Se han observado incrementos de peso de cerdos alimentados con dietas conteniendo diferentes niveles de harina o vaina de mezquite. Cuadro.13.

Cuadro.13

Niveles de aumento de peso diario (g/animal)					
Mezquite	%	1er.periodo	2o.periodo	3er.periodo	X
	0	680.0	600	759	679.6
	3	680	700	915	765.0
	6	610	600	920	710
	9	620	660	923	734.3

X. CONCLUSIONES

1. Tanto los métodos físicos, químicos y biológicos ofrecen ventajas de acuerdo a la técnica utilizada y al tipo de producto a tratar para aumentar la digestibilidad.

2. Es ampliamente conocido el método con NaOH para aumentar la digestibilidad de subproductos agrícolas utilizando de 3-5%, sin embargo tiene la desventaja por un lado de producir una contaminación en el animal, elevando la concentración de Na que inmoviliza los microorganismos ruminales y por otra, la que produce al suelo al ser eliminadas las excretas, con lo que disminuye la capacidad productiva del mismo. Por todo esto es un método de segunda elección para ser utilizado.

3. Uno de los procesos con mejores posibilidades de utilización tanto a nivel industrial como a nivel de campo es el NH₃ al 3-4% en aspersión, con la ventaja de romper favorablemente la barrera lignocelulolítica, además de aportar el N necesario para la microflora ruminal evitándose también el desbalance Na-K. En ciertas condiciones es barato y no tóxico para ser utilizado en el proceso tanto industrial como en las pequeñas explotaciones.

4. Es importante señalar que la cantidad de álcali no puede determinarse con exactitud ya que dependerá del tipo de forraje, el tiempo de acción del álcali etc. Se ha visto por ejemplo que algunos materiales requieren más concentración de álcali y tiempo de contacto que otros. tal es el caso de la paja de trigo.

5. Cada uno de los métodos podrá utilizarse dependiendo de la región, tipo de forraje, suplementación y posibilidades del productor para poner en práctica dichos métodos.

6. Los tratamientos físicos más recomendables son: picado, molido debido a que por el simple proceso se aumenta la digestibilidad al aumentar la superficie de contacto del forraje con los microorganismos ruminales, además porque son procesos baratos.

7. Los tratamientos químicos sobre todo con NH_3 y NaOH bien empleados aumentan la calidad del forraje en 1.8- 2.3 mcal y 11-12% de PC siendo cifras aceptables para un subproducto agrícola.

8. Otros procesos con otras sustancias químicas, deben estudiarse con más detalle para poder recomendarse y tener una idea clara de la ventaja que tengan sobre los tratamientos con NH_3 y NaOH .

9. La viabilidad económica, es el factor principal para poder utilizar el método o los métodos para tratar subproductos agrícolas, para lo cual debemos tener en cuenta el tipo de subproducto que existe en la zona, si existe o no maquinaria en la misma, tipo de animales a los que se va a dar el subproducto y medios económicos del productor.

XI. BIBLIOGRAFIA

Arzola A.F., Livas C., Jiménez C. Comparación del valor nutritivo del heno de avena y de la hoja del maíz en la alimentación de cabras. ALPA .MEM 20 México 1985.

Autrey M.K., McCaskey A.T and Little A.J. Cellulose digestibility of fibrous materials treated with Trichoderma viridae cellulase. Jour of Dairy Sci vol.58 No.1 p.67-71 1974.

Balconi I.R. Vinazas condensadas como ingredientes en alimentos balanceados. Mem res DGAF- SARH México 1982.

Balconi I.R. La pulpa de café en la alimentación animal Mem.res DGAF-SARH México 1982

Bakshi M.P., Gupta K.V., Langar N.P. Fermented straw as a complete basal ration for ruminants.. Agricultural Wastes 16 37-46 1986

Benítez J.G. Consumo, digestibilidad y balance de nitrógeno en ovinos alimentados con rastrojo de maíz tratado con Hidróxido de Sodio. Tesis Chapingo Méx. 1982

Bergner H. Elementos de nutrición animal. Edit Acribia Zaragoza España 58-83 1977

Berhane K. An Overview of Research Methods employed in the evaluation of by-products for use in animal feed.

Buentello J.L. Subproductos forrajeros del maíz en la producción de carne y leche en México. Mem res Primer simposium sobre aprovechamiento de esquilmos agrícolas y subproductos industriales para la alimentación animal D.G.A.F-S.A.R.H México 28-34 Madrid 1975

Bracegirdle B., Miles H.H. Atlas de estructura vegetal Edit. Paraninfo Madrid 1975

Bribiesca J.E. Aprovechamiento de esquilmos agrícolas encausados para engorda de ganado bovino, resúmenes S.A.R.H-D.G.A.F 1982

Brigada Interdisciplinaria de investigación aplicada del Ins.Nal de Inv Pecuarias adscrita al distrito de temporal No.1 Zapopan Jalisco. Recomendaciones prácticas para el uso de pajas y rastrojos en la alimentación de rumiantes.

Brito C. Lodos residuales de cerveceria en alimentación de aves ponedoras 2) Balance de nutrientes ALPA NEM 20 Venezuela 1985

Brito C. Lodos residuales de cerveceria en alimentación de aves
ponedoras 1) producción de huevo ALPA MEM 20
Venezuela 1985

Calderón G., Rojas R., Shimada S., y Peraza C. Alimentación de
becerros con rastrojo de maíz tratado con álcali
Vet. Méx 4 p.1-4 1975

Calzada J.F., Franco F., Arriola MC., Rolz C y Ortiz M.A .
Acceptability, body weight Changes and digestibility of
spent wheat straw after harvesting of Pleurotus
sajor-caju Biological Wastes 22 1987 p.304-309

Carbajal R.T. Valor nutritivo de la harina de higuerilla (Ricinus
comunis) ALPA MEM 20 Ecuador 1985

Carrillo M.L. Tratamiento de pajas con amoniaco anhidro
para alimento de ganado D.G.A.F-S.A.R.H 1982

Castañeda F.E., Monroy A.V Métodos de procesamiento de
subproductos agrícolas para elevar su valor
nutricional. Avances de investigación del estado de
Sonora. México 1982

Castellanos R.A Productos celulósicos en la península de
Yucatán, el caso de la pulpa del henequén. Mem.
res Primer simposium sobre aprovechamiento de
subproductos agroindustriales Méx. S.A.R.H-D.G.A.F 1982

- CIDA. Los residuos agrícolas y sus posibilidades de empleo en la alimentación del ganado. CIDA.Serie Ganadería vol 4 No. 3-4 p.280-293 La Habana 1977
- Coombe, E. Wheat straw urea diets for beef steers alkali treatment and supplementation with protein monensin and a feed intake stimulant J.Anim Sci. vol.48 No.5 1223
- Díaz N.T., Llamas L., Gómez A. Comportamiento de novillos alimentados con paja de trigo tratada con amoniaco en gas y suplementada con dos fuentes de energía. Avances de Investigación Pecuaria del Edo de Sonora Méx. 59-60 1982
- Esaú K. Anatomía Vegetal. edit. Omega Barcelona 1959
- Espinoza C.J., Sierra E. Esquilmos agrícolas en México. Mem res Primer simposium sobre aprovechamiento de esquilmos agrícolas para la alimentación animal S.A.R.H-D.G.A.F Méx. 1982
- Fernández, R.S. Efecto del procesamiento químico y la suplementación nitrogenada sobre la utilización del rastrojo de maíz para borregos. Tesis Maestría Chapingo México 1981.
- Fernández R.S. Calidad forrajera del rastrojo de maíz ofrecido en diferentes formas físicas y cantidades para ovinos. ALPA MEM 21 p..145-152 1986

Fernández R.S Bibliografía básica para los cursos impartidos en la sección de forrajes Dpto. de Zoot U.A.CH Méx. 1979

Fernández and Klopfenstein T. Yield quality components of corn crop residues and utilization of these thesides by grazing cattle. J.Anim Sci 67 NO. 1 p.597-599 1989

García L., Trueba C.A Uso racional de los esquilmos agrícolas. Mem. res. Primer simposium sobre aprovechamiento de esquilmos agrícolas para la alimentación animal S.A.R.H-D.G.A.F Méx. 1982

García A.D. Utilización de la médula de caña de desecho como fuente de energía para borregos. Tesis Chapingo Méx. 1979

Gomez., Romero H., Llamas L., Santacruz M. Efecto del tratamiento alcalino de la paja de trigo sobre la digestibilidad. Avances de Inv. Pecuaria del Edo de Sonora México p.55-58 1982

Gutiérrez O. E Efecto del tratamiento químico y la suplementación de cuatro nutrientes sobre la digestibilidad in vitro del rastrojo de maíz y la médula de caña . Tesis M.C Colegio de Postgraduados Chapingo México. 1981.

Gutiérrez E.O., González M.S., Riquelme V.E. Efecto del tratamiento químico y la suplementación nitrogenada y energética sobre la digestibilidad in vitro del rastrojo de maíz y la médula de caña. 2. Nivel de nitrógeno y energía y tratamiento con NaOH. ALPA MEM 21. 1986

Gutiérrez O.E. El rastrojo de maíz en la alimentación de los rumiantes. Efecto del tratamiento químico. Mem. Res D.G.A.F-S.A.R.H 1982.

Gupta V.K., Langar P. Bioconversión of urea enrichment of wheat straw. Indian J. Anim Sci. 53 p. 1324-1327 1983

Han Y.W., Callihan C.D. Cellulose fermentation: Effects of substrate pretreatment on microbial Growth. Applied Microbiology 159-165 1974.

Hebrero A. Aumento en la digestibilidad de los esquilmos agrícolas empleando amoniaco. S.A.R.H-D.G.A.F. 1982

Herrera S. Efecto del tratamiento con amoniaco en la digestibilidad in vivo e in vitro de la paja de trigo. Mem res Primer simposium sobre aprovechamiento de esquilmos agrícolas para la alimentación animal 1982

Hoda G.E. Utilization of Egyptian rice straw in Production Pretreatments on Yields of Protein and Enzyme Activity. J. Sci. Food Agric 34 p.725-732 1983.

- Homb. T. Chemical Treatment of straw at commercial and farm levels. Organización de las naciones unidas para la Agricultura y la alimentación Rome. No.4 p.25-37 1977
- Horton. G.M ., Steacy G.M. Effect of anhydrous ammonia treatment on the intake and digestibility of cereal straus by steers. J.Anim.Sci. 48 (5): 1239 1979
- Jackson M.G. Métodos de tratamiento de la paja para la alimentación animal, evaluación de su viabilidad técnica y económica. Organización de las naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO Roma No.10 p.1-6 1978
- Jiménez M.A. La producción de Forraje en México ed.Dpto de difusión Cultural U.A .Ch 1989
- Jackson M.G. La paja de arroz como alimento para el ganado . Rev Mundial Zoot. ONU FAO Roma No. 12 p.47-51 1979
- Jung H.G ., Fshey G.C . Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: A review J.Anim. Sci vol. 57 No.1 p.206-219 1983
- Jung H.G ., Vogel K.P. Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material . J.Anim Sci. vol.62 No.1 p.1703-1705 1986
- Klopfenstein T. et. al. Corn residues in beef production system J.Anim Sci. vo.65 No.1 p.1139-1142 1987

Klopfenstein T.J. Chemical treatment of crop residues J.Anim
Sci. 46:841 1978

Llamas L.G., Shimada S.A Estudio del valor alimenticio de
subproductos de la caña de azúcar en bovinos en
corral. Tec. Pec México 36 59-64 1979

Llamas L.G., Gómez A.R., Díaz N.T., y Romero G.H. Uso de la
paja de trigo tratada con amoniaco en la
suplementación de novilos en crecimiento en corral de
engorda. Téc. Péc. Méx 48 46-53 1985

Llamas L.G ., Santacruz M.I., Gómez A.R. Respuestas de
esquímlos de cereales y leguminosas y de subproductos
del algodón a tratamiento alcalino con amonio o
hidróxido de sodio. Téc Péc Méx 51 38-42 1986

Llamas L ., Combs D.K. Effects of enviromental temperature and
ammoniation on utilization of straw by sheep . J.Anim
Sci 68: 1719-1725 1990

Linderberg E.L ., Ingrid E.T and Olof T. Degradation prate and
chemical composition of different types of
Alkali-treated atraw during rumen digestion. J. Sci.
Food Agric 35 500-506 1984

Levy D., Holzer Z., Neumark and Fotman Y. Chemical processing of
wheat straw and cotton by-Products for fattening
cattle. Anim Prod 25: 27-37 1977

Martin C.P., Cabello A., Elias A. Utilización de subproductos fibrosos de la caña por los rumiantes, efecto de la combinación NaOH-Presión sobre la digestibilidad y composición química del bagacillo y bagazo. Rev Cubana de Ciencias Agrícolas 10: 21-30 1976

Martínez G., Ocasberro. Los forrajes toscos y su utilización Boletín Rumiantes 2 (1): 61 1978

Milera M.R. Sistemas de producción con bajos insumos en : Memorias utilización de pastos y forrajes tropicales en la alimentación de rumiantes FES-C 1991.

Miller B.L. et al. Isolation of biologically active fractions from wood hemicelulose extracts J.Anim Sci. 48 1979.

Morris P.J., Mowat D.N. Nutritive value of ground and or ammoniated corn stover. Can J.Anim Sci vol 60 p.327 1980

Moya G.N. Como transformar la paja y otros esquilmos agrícolas en alimento valioso para los rumiantes. Intermakina Corporation en: Mem res. Primer simposium sobre aprovechamiento de esquilmos agrícolas y subproductos agroindustriales para la alimentación animal D.G.A.F-S.A.R.H Méx. 1982

Moya G.H. Amoníaco anhidro para aumentar el valor nutritivo del esquilmo agrícola. Intermakina Corporation Panamá Mem res. Primer simposium sobre aprovechamiento de

esquilmos agrícolas y subproductos agroindustriales para la alimentación animal D.G.A.F-S.A.R.H Méx. 1982.

O'Donovan P.B. Posibilidades para alimentación de ganado con subproductos en zonas tropicales Rev. Mund Zoot. FAO Roma 12: 54-59 1978

Ochoa P., Sosa M., Huerta M., Oscasberro G. Comportamiento y patrón de fermentación ruminal de borregos alimentados con rastrojo de maíz tratado con NaOH. Rev. Chapingo año X No. 47-49 1985

Ortega E. Efecto de la adición de urea o sulfato de amonio sobre la composición química del rastrojo de maíz. Mem res. Reunión de Inv. Pecuarias INIP-SARH 1982

Paladines O.L., Reid J.T., Bensadoun . Energy utilization by sheep as influenced by the physical form composition and level of intake of diet J.Nutr 83: 49 1964

Pérez G.E. Tratamiento de esquilmos agrícolas para la alimentación de rumiantes. UNAM Méx.

Pérez G.P., Nery F.J and Zaxueta M.J. Utilization of the ruminal bacterial for the predigestion of corn stubble. México 1978

Picón R.F., Garcia L.J. Evaluación de la digestibilidad in vivo e in situ de la paja tratada con Trichoderma viridae . Mem tercera reunión de nutrición Univ. Agraria

Antonio Narro Coahuila Méx. 1987

Pigden W.J., Bender F..Aprovechamiento de la lignocelulosa por los rumiantes . Rev. Mund Zoot FAO Roma 12: 43-46 1978

Ramírez S.M .,Cañez C.H., Gómez A.R. Digestibilidad y consumo de dietas basadas en paja de trigo y melaza con suplementación de harinolina en borregos. Avances de Inv. Pecuaria Edo de Sonora 44-47 1982

Reeves J.B. A lignin fiber compositional changes in forrages over a growing season and their affects on "in vitro" digestibility. J.Daire Sci 70 1583-1594 1987.

Riquelme V.E. Suplementación y efectos asociativos en dietas basadas en subproductos agrícolas 1-23 1989

Romero G.A Influencia de la forma física del rastrojo de maíz sobre el consumo voluntario y la digestibilidad aparente en ovinos. Tesis Chapingo México 1975

Romero G.H., Cañez C., Zambrano G., Cajal M.C y Llamas L. Comportamiento de novillos alimentados con dietas a base de paja de trigo y diferentes niveles de melaza y proteína. Reunión de investigaciones Pecuarias en México ed.INIP-SARH UNAM y CP UACH p.321-325 1982

Sánchez G.E., Bernal S.M Utilización de forraje de pino (pinus ponderosa) en la alimentación de vaquillas en crecimiento. Tec Pec Méx. 34 91-94 1978

Sánchez D.A. Tecnificación de la Ganadería en México Edit. Limusa Méx. 354-364 1984

Sánchez G.L Utilización de subproductos de la industria forestal en la alimentación de bovinos. Mem. res. Primer simposium sobre aprovechamiento de subproductos agrícolas D.G.A.F-S.A.R.H México 1982

Santa cruz L. Respuesta de diferentes esquilmos agrícolas al tratamiento alcalino con amoniaco o hidróxido de amonio. Avances de investigación Pecuaria del Edo de Sonora México 48-52 1982

Saxena S.R et al. Effects of feeding alkali-treated oat straw supplemented whit soybean meal or nonprotein nitrogen of lambs and on certain blood and rumen liquor parameters. J.Anim.Sci 33. 425-490 1971

Secretaría de alimentos, productos y servicios esenciales del Edo de Sinaloa. Soluciones para un mejor aprovechamiento de los esquilmos en : Memorias res. Primer simposium sobre aprovechamiento de esquilmos agrícolas y subproductos agroindustriales para la alimentación animal. D.G.A.F.-S.A.R.H México 1982

Shimada A. Fundamentos de nutrición animal comparativa México
103-220 1987.

Shimel O. Curso de botánica edit. Gvo Gil México 220-273 1976

Summers C.B., Sherrode L.B Sodium Hydroxide treatment of
different roughages. J. Anim Sci 41 No. 1 420
abs. 1975

Tirado E.G. Utilización del orujo de uva en la alimentación
animal en: Memorias del Seminario Utilización de
subproductos agroindustriales en la alimentación de los
rumiantes. Centro de Ganadería /Colegio de
Postgraduados Chapingo Méx. 99-123 1984

Troels J.L Utilización de la paja principalmente para ganado
en: Mem res. Primer simposium sobre aprovechamiento de
esquilmos agrícolas y subproductos agroindustriales
D.G.A.F.-S.A.R.H. México 1982

Van Soest P.J Development of a comprehensive sistem of analysis and
its application to forages. J. Anim Sci. 26 119-128
1978

Valdéz D.A., Núñez H.G El uso de esquilmos agrícolas para la
alimentación animal en la zona centro de México en
:Memorias del seminario Utilización de subproductos
agroindustriales en la alimentación de rumiantes.

Centro de Ganaderia/Colegio de Postgraduados, Chapingo
México 89-98 1984.

Verdin S. Tesis Guadalajara Jal. 1988.

Zadrazil. Europea J. Appl Microbiol Biotechnol
p.243-248 1980.

Zorrilla R.J Valor nutritivo de pajas y rastrojos para
ruminantes . Avances en Nutrición y manejo de carne de
bovino en confinamiento No. 11 y 12 México 1982

Zorrilla R. et al. Nutritive value of Ammoniated wheat straw fed
to cattle J.Anim Sci 69: 283-294 1991

XI. APENDICE

Metodo Beckman.

La escala de las operaciones y el grado de mecanización varían considerablemente, pero en todas las instalaciones se utilizan 2 depósitos. Se sumerge la paja en una solución al 1.5% de NaOH durante 18-20 horas. El volumen de la solución es de 8-10 l. / kg de paja seca, lo cual basta para cubrir la paja y proporciona de 12-15 kg de NaOH/kg de paja. Después de esas 18-20 horas se bombea la solución tratada a otro depósito y se llena de agua fresca, el agua de lavado sobrante sale por un vertedero cuando ha quedado ya lleno el depósito. Esta operación de lavado continúa durante 18-29 horas después de lo cual se vacía el depósito, en ese momento la paja ya está lista para ser suministrada a los animales. La paja se trata a granel o en pacas y no hace falta ahecharla para el tratamiento o para el suministro subsiguiente a los animales; por otra parte la paja larga o en pacas resulta más fácil de manejar durante el tratamiento que la paja ahechada. Después de pasarla al segundo depósito se reconstituye el volumen de la solución de NaOH utilizada (añadiendo unos 300 l. de agua/100 kg de paja) y la densidad de NaOH (añadiendo aproximadamente 8 kg de NaOH / 100 kg de paja). En la mayoría de las instalaciones se recompone el volumen de la solución con la primera agua de lavado del primer depósito para economizar álcali. De este modo el consumo neto de álcali es de unos 6 kg /100 de paja . Al día siguiente se vuelve a llevar la solución al primer depósito con lo que se produce

todos los días un lote de paja tratada y lavada. (CIDA, 1977; Jackson, 1978)

Metodo Beckman modificado.

Se requieren 3 depósitos cada uno con un tablero de escurrido.

El depósito A contiene 1000 l. de una solución de NaOH al 1.5%, en el cual se ponen en remojo 100 kg de paja en haces o pacas. El primer depósito de aclarado B contiene 2000 l de agua y el tercero C 100 l. B es dos veces mas largo que A y C. a la derecha de cada depósito hay un tablero de escurrido inclinado (a, b, c). Las pajas se pueden meter o sacar de los depósitos con la mano o con un aparejo de poleas manuales que se desliza sobre un carril elevado. El orden de las operaciones es el siguiente:

Horario

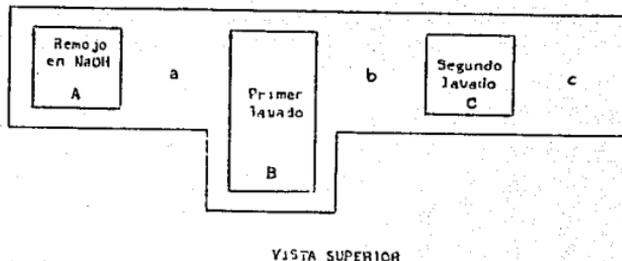
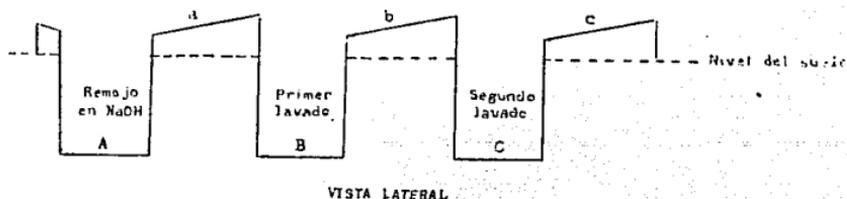
Funcionamiento

07:00.....Se saca la paja tratada de "A" y se lleva a "a" para que se escurra (la paja ha sido colocada en "A" el día anterior a las 12 de la mañana.

8.00.....Se lleva la paja tratada y escurrida de "a" a "B", se coloca en "B" paja fresca (seca) 100 kg.

12.00.....Se recompone la concentración de NaOH en "A" añadiendo unos 4 kg de NaOH. Se lleva la paja fresca de "B" a "A". Se saca la paja tratada de "B" y se coloca en "b" para que escurra.

- 13.00.....Se lleva la paja tratada de "b" a "C"
- 16.00.....Se saca la paja tratada de "C" y se coloca en "c" para escurrirla
- 17.00.....Se trasvasan 300 l de "C" a "B" para reconstituir el volúmen de éste último (los 100 kg de paja que se han sacado absorbieron 300 l de agua
- 18.00.....Se lava la paja tratada en el tablero "c" con 300 l de agua fresca virtiendola sobre la paja, después de este lavado final se puede suministrar ya al ganado al paja tratada. (Jackson, 1978). FIGURA 6.



Aspersión directa.

El esquilmo se pasa por un molino de martillo hasta obtener un tamaño de partícula de aproximadamente 4 cm., después por medio de una revoladora horizontal estacionaria o en una superficie pavimentada se esparse el forraje y se rocía con una solución de 10% de NaOH a razón de 25 kg de solución/100 kg de paja. Kellaway et al (1978 citado por Brigada, -) Si se cuenta con una unidad móvil revoladora-repartidora de alimento esta operación puede realizarse directamente en el vehículo. En estas condiciones se recomienda aumentar la cantidad de álcali a 46 kg/100 kg de forraje seco, otros ingredientes como son silos, granos, urea y minerales traza pueden ser incorporados en esta operación.

Anclaje.

Este procedimiento requiere de 2 sistemas de inyección independientes adaptados a la máquina cosechadora y conectados a dos recipientes conteniendo cada uno una solución de 21.6% de NaOH la cual se emplea en una proporción de 190 l/ton de forraje y otra una solución de urea, ac sulfúrico y ac fosfórico 50 l/ton de forraje, la cual proporciona 11.5 g de N ; 1.2 g de S y 1.6 g de P/kg de forraje.

Tratamiento de Paja de Avena con NaOH propuesto por Saxena et al, 1971.

La paja se tritura en molino de martillo con criba de 9 mm. luego se remoja a temperatura ambiente durante 22 horas en una solución de 1.55 de NaOH, posteriormente se lava en agua corriente y se drena, con este método se han logrado digestibilidades in vitro de 45.4 a 69%.

Tratamiento de olote de maiz con NaOH propuesta por Summers y Sherrode 1975.

Se trata el olote de maíz con 10% de NaOH, se muele dicho material hasta pasar por malla de 1 mm., se mezcla una parte del material con una parte de solución (1:1) y se almacena herméticamente durante 24 hr., después se lava y drena, observandose aumentos de digestibilidad de la MS in vitro de 48.4 a 54.9% en el olote y 45 a 60% para dicho rastrojo.

Tratamiento de bagazo de caña con NaOH propuesto por Rendei (1975 citado por Jackson, 1978)

Se trata bagazo de caña con 2% de NaOH a temperatura ambiente por 24 horas, luego se drena y se lava el bagazo con agua corriente por 30 minutos, dicho bagazo puede ser suministrado con suplementado con maíz 18.4%, melaza, harina de pescado 27%, urea 2.5%, y otros ingredientes 2.5%. a vacas en lactación por 30 días, encontrando producciones diarias de 17.2 y 16 l., grasa de leche 3.13 y 3.68%, sólidos en leche 11.78 y 12.39%.

Feirst et al. (1970 citado por Pérez, s/año) trataron maderas duras con NaOH moliendolas previamente hasta pasar por malla 40, se hicieron suspensiones de aserrón en 50 ml de la solución de NaOH al 0.5% a temperatura ambiente por 2 horas, lavando con agua destilada y la digestibilidad aumentó de 35 a 55%.

Tratamiento de rastrojo de maíz con NaOH realizado por Benitez, (1982).

El rastrojo de maíz es molido con molino de martillo con malla de 9 mm se mezccla y se trata con 0, 4, 8 g de NaOH en solución/100 g de MS manteniendose la relación agua:rastrojo de 2:1, se almacena en bolsas de plástico cerradas durante 48 horas, posteriormente se somete a neutralización con HCl aumentandose la relación de agua rastrojo a 3:1. En este tratamiento se administró a animales en un 80% y con un 20% de concentrado compuesto de sorgo, urea, y amonio obteniendose aumentos de digestibilidad de la M.S .

Tratamiento de rastrojo de maíz con NaOH realizado por Calderon et al. (1976)

Se trata el rastrojo de maíz con NaOH, colocandolo en un comedero de canal de cemento, posteriormente se remoja con solución al 45 y se cubre con plástico, a las 48 horas puede descubrirse para proporcionarlo a los animales complementandose con melaza y concentrado en un 60%. se ha observado que dandolo por

periodo de 91 dias no existen ganancias de peso, pero si se llega a mejorar la conversión alimenticia de 5.05 a 6.22 en becerros Holstein.