

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA**



**PROCESAMIENTO DE GRANOS PARA LA ALIMENTACION
DEL GANADO**

**SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA
PRESENTA
GUILLERMO GARZA MIRELES**

MARIN, N. L.

JULIO DE 1993

T

SF203

G372

c.1



1080062438

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



**PROCESAMIENTO DE GRANOS PARA LA ALIMENTACION
DEL GANADO.**

SEMINARIO

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

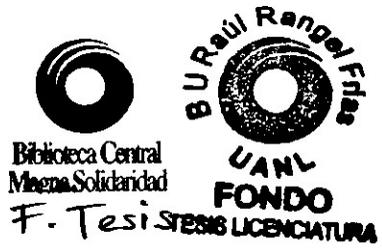
GUILLEMO GARZA MIRELES

MARIN, N.L.

JULIO DE 1993

011607 E

T
SF203
9372



040.636

FA7

993

C.5

EL PRESENTE SEMINARIO SE REALIZO BAJO LA ASESORIA
QUE A CONTINUACION SE INDICA, LA CUAL FUE APROBADA
Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA
OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

MARIN, N.L. JULIO DE 1993

ASESORES:

ING. M.C. FELIPE DE JESUS CARDENAS GUZMAN
Ph.D. ERASMO GUTIERREZ ORNELAS

A MIS PADRES:

**Sr. Abelardo Garza Gutiérrez
y
Sra. Olivia Mireles de Garza**

**Por su ardua e incansable labor en mi
formación personal y profesional.**

A MIS HERMANOS:

**María Olivia
María Celina
Nora Alejandra
Abelardo
y
Lucía**

A MIS COMPAÑEROS:

**Por la gracia de haber compartido con ellos
las gratificantes experiencias de mi formación
profesional.**

MI AGRADECIMIENTO PARA:

**Lic. Eduardo Gutiérrez Ramírez
y Gabriel Monjaraz Mireles, por su
valiosa colaboración para la elabo-
ración de este documento.**

INDICE.

	<i>PAG</i>
<i>INTRODUCCION.</i>	<i>1</i>
<i>GRANOS DE CEREALES Y SU VALOR ALIMENTICIO.</i>	<i>3</i>
<i>METODOS PARA EL PROCESAMIENTO DE GRANOS.</i>	<i>7</i>
<i>RESULTADOS DE INVESTIGACION REVISADA.</i>	<i>17</i>
<i>RESUMEN.</i>	<i>55</i>
<i>CONCLUSIONES.</i>	<i>59</i>
<i>LITERATURA CITADA.</i>	<i>61</i>

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

	PAG
TABLA 1. Composición típica de los granos de cereales.	6
TABLA 2. Métodos de tratamiento de granos.	8
TABLA 3. Maíz Entero ó Molido proporcionado con dos niveles de forraje a novillos.	17
TABLA 4. Cebada comparada con Maíz para finalizar ganado.	18
TABLA 5. Valor comparativo de Maíz y Mazorca Molida para ganado de engorda.	19
TABLA 6. Resumen de 14 experimentos comparando valor alimenticio de Mazorca Seca vs. Húmeda.	20
TABLA 7. Maíz Quebrado contra Maíz Entero para novillos alimentados con dietas totalmente concentradas.	21
TABLA 8. Comportamiento en engorda de novillos alimentados con Trigo procesado por diferentes tratamientos.	22
TABLA 9. Rendimiento de novillos que se alimentan con Sorgo Rolado en Seco ó Reconstituido.	23
TABLA 10. Sorgo Rolado en Seco contra Peletizado en alimentación de becerras.	24
TABLA 11. Efecto de la Expansión en Aire Seco del Sorgo sobre el rendimiento del ganado en periodo de cebo.	25
TABLA 12. Comparación del Sorgo y Trigo Expandidos con los mismos cereales cocidos a presión para finalizar ganado.	25
TABLA 13. Comportamiento del ganado y datos de AGV para ganado alimentado con Trigo procesado.	26
TABLA 14. Sorgo Micronizado y Hojueleado a Vapor en raciones de finalización de ganado.	27
TABLA 15. Influencia del Maíz Extruido, Hojueleado y Entero, sobre la digestión y rendimiento en finalización de novillos.	27

TABLA 16.	Rendimiento de novillos en finalización alimentados con Maíz Extruido, Entero y Hojueleado a Vapor.	28
TABLA 17.	Maíz Torrefacto para la finalización de novillos.	28
TABLA 18.	Comparación del Sorgo Rolado a Vapor con el Rolado en Seco para la finalización de novillos.	29
TABLA 19.	Comportamiento de novillos alimentados con Maíz Entero, Maíz Entero Procesado y Maíz Hojueleado a Vapor.	30
TABLA 20.	Influencia de la densidad del Maíz Hojueleado a Vapor sobre el comportamiento en engorda y valor estimado de energía neta de las dietas proporcionadas a novillos.	31
TABLA 21.	Efecto del Hojueleado a Vapor del Sorgo con diferente densidad de hojuela sobre la ganancia media diaria, consumo de materia seca y eficiencia de conversión.	32
TABLA 22.	Influencia del forraje en una dieta de Trigo Hojueleado a Vapor sobre el comportamiento de finalización de novillos.	34
TABLA 23.	Influencia del método de procesamiento del Maíz y nivel de forraje en el sitio y extensión de la digestión de la materia seca del Maíz.	36
TABLA 24.	Influencia del método de procesamiento del Maíz y nivel de forraje en el sitio y extensión de la digestión del almidón del Maíz.	37
TABLA 25.	Efecto del método de procesamiento del Sorgo para dos pesos de novillos alimentados con raciones altamente concentradas.	39
TABLA 26.	Efecto del método de procesamiento de grano de Sorgo sobre el comportamiento de finalización de novillos.	40
TABLA 27.	Efecto del Maíz Húmedo suministrado Entero, Rolado, o en Combinación con Maíz Rolado en Seco sobre el comportamiento de novillos.	41
TABLA 28.	Maíz Húmedo tratado con Acido contra Maíz Húmedo no tratado en raciones de finalización.	42
TABLA 29.	Trigo Húmedo y Espigas de Trigo para finalizar ganado.	44

TABLA 30.	Rendimiento de novillos que reciben Sorgo Descomprimido y Hojueleado a Vapor.	44
TABLA 31.	Influencia de la Cocción a Presión de los cereales sobre el rendimiento del ganado en finalización.	45
TABLA 32.	Resultados de finalización de becerras con Sorgo; Sorgo y Maíz; Maíz; o Sorgo, Maíz y Trigo.	47
TABLA 33.	Efecto del consumo de Mezclas de Maíz Húmedo y Maíz Seco Entero sobre el comportamiento de novillos.	48
TABLA 34.	Efecto del consumo de Maíz Húmedo y Maíz Rolado en Seco sobre el comportamiento de novillos.	48
TABLA 35.	Finalización de novillos alimentados con Maíz Húmedo o Sorgo Rolado en Seco solos ó en combinación.	49
TABLA 36.	Efecto de la dieta sobre el comportamiento de novillos alimentados con Sorgo Húmedo, Trigo Rolado en Seco y combinaciones.	51
TABLA 37.	Efecto del consumo de mezclas de Maíz Húmedo y Sorgo Rolado en Seco, datos resumidos.	51
TABLA 38.	Efecto del consumo de mezclas de Maíz Húmedo y Sorgo Rolado en Seco sobre el comportamiento de novillos.	52
TABLA 39.	Resumen de datos recopilados sobre efectividad y comportamiento de los diferentes métodos de procesamiento de granos.	58
FIGURA 1.	Eficiencia de ganancia (kg de ganancia/100 kg de materia seca consumida) para densidades de hojuela 0.437, 0.360, y 0.283 kg/lt y periodo de alimentación.	33
FIGURA 2.	Extensión de la desaparición del almidón (porcentaje del total) con dietas de Trigo Rolado en Seco, 50TRS:50SH, y Sorgo Húmedo.	50
FIGURA 3.	Efecto de suministrar Maíz Húmedo y Maíz Rolado en Seco sobre la tasa ganancia/alimento.	54
FIGURA 4.	Efecto de suministrar Maíz Húmedo y Sorgo Rolado en Seco sobre la tasa ganancia/alimento.	54

INTRODUCCION.

El tema de procesamiento de granos es de mayor interés para los engordadores de ganado que la preparación de forrajes, simplemente porque actualmente en la fase de finalización del ganado se consume proporcionalmente mas grano.

Los cereales se adicionan a las raciones de los rumiantes para aumentar el nivel de energía de las dietas. Blaxter (1962, citado por Church, 1974) demuestra que la síntesis de la grasa en los rumiantes alimentados con heno de buena calidad es de 780 Kcal/Kg de alimento, mientras que sintetizan 1950 Kcal/Kg de maíz. Estos valores ponen de manifiesto lo difícil que sería cebar ganado vacuno con tan solo heno de buena calidad en un período de tiempo relativamente corto, ya que el consumo total de alimentos y la tasa de síntesis de grasa limitarían la producción.

Hasta la década de los años 40, la ración típica del ganado podía contener tan solo el 40 a 50% de cereales y de 50 a 60% de forraje. A partir de ahí aparecieron explotaciones comerciales para cebo intensivo en corrales capaces de manejar varios miles de cabezas de ganado vacuno. Esto obligaba a mecanizar la manipulación de los alimentos y un consumo elevado de forrajes no es compatible con estos sistemas de alimentación.

Dadas las circunstancias, la investigación en materia de nutrición del ganado se comenzó a dirigir a la preparación de dietas conteniendo altos porcentajes de granos. Conforme se avanzaba en el proceso de investigación, el siguiente punto que tomó relevancia fué el de aumentar la eficiencia alimenticia en la industria de alimentación del ganado con particular interés en la optimización de los valores nutritivos de los cereales (Axe y col., 1987).

Los investigadores encontraron que alterando la forma original de los granos proporcionados en las raciones, provocaban diferentes respuestas en el comportamiento del ganado (consumo diario de alimento, ganancia diaria, eficiencia alimenticia, etc.) con diferencias entre procedimientos y grano utilizado (Johnson y col. 1968; Axe y col., 1987).

El almidón es el principal compuesto químico presente en los granos de los cereales (Stock y col., 1987a), constituyendo del 60 al 70% del total de la materia seca (I.S.C.A.H., 1986), y, desde hace algunos años, el tratamiento de granos se dirige en gran parte a buscar la máxima utilización de ésta fuente energética, basándose los más modernos métodos en la gelatinización de los gránulos de éste compuesto para hacerlos lo más digestible posible para los rumiantes.

La finalidad del presente estudio es la recopilación de información científica sobre la eficiencia de los métodos de procesamiento a los que se someten los granos de los cereales para la alimentación en finalización del ganado bovino de carne en explotaciones intensivas, para encontrar aquellos que sobresalgan por su efectividad.

GRANOS DE CEREALES Y SU VALOR ALIMENTICIO.

El uso de granos de cereales en la alimentación del ganado de carne, principalmente en su etapa de cebado ó finalización, ha registrado un creciente impulso en los últimos años, al grado de que existen algunas explotaciones en las que los granos componen el 100% de la ración; sin embargo la cantidad de grano usado en las dietas oscila de 75 a 90% en las engordas de E.U. y en engordas medianas y grandes de México.

Los granos mayormente utilizados en la preparación de fórmulas para la alimentación del ganado son los siguientes: maíz, sorgo, trigo, cebada y avena. En los estudios revisados para la elaboración del presente trabajo, en su mayoría norteamericanos, se encuentra un claro patrón de uso de granos en donde el maíz resultó el producto más utilizado y, por ende, investigado; seguido por el sorgo, cultivo de creciente importancia en producción para la alimentación animal, en tercer lugar aparece el trigo, grano de precio no muy accesible, el cual recomiendan utilizar en zonas en las que se produce y/o cuando se le encuentre a bajo precio; como cuarto y quinto granos tenemos a la cebada y la avena, productos utilizados en muy baja escala para la engorda de ganado de carne.

En nuestro país el patrón de utilización de granos es distinto al de los E.U. ya que el grano de maíz está destinado casi totalmente para el consumo humano. La preferencia por el uso de granos es en México entonces principalmente dirigida al sorgo, cultivo de amplia distribución y cuyo grano tiene como fin su uso en la alimentación animal casi exclusivamente y al trigo, cultivo que aunque también es de los llamados básicos, su grano es utilizado en gran escala para engordar ganado; en tercer lugar aparece el maíz, el cual se utiliza en menor proporción por la situación antes mencionada, del cual se utilizan principalmente subproductos o residuos del utilizado para consumo humano, además de aquel que no cumpla con las especificaciones para consumo humano; al igual que en los E.U., en México el uso de granos de cebada y avena es reducido.

Como en cualquier otra industria, en la alimentación animal los criterios para la selección de uno u otro grano dependerá de la efectividad, entiéndase valor alimenticio, de la disponibilidad en la región, de la factibilidad económica, y de la interacción de los factores citados.

Enseguida se presentan las características y composición de los principales granos:

MAIZ.

El maíz es uno de los mejores alimentos para toda clase de animales y generalmente esta presente en todas las raciones. Constituye una excelente fuente de energía por su bajo contenido en fibra y su elevado tenor en almidón, lo que unido a su relativa riqueza en grasa en comparación con otros granos, hace que aporte aproximadamente 3 Mcal de energía metabolizable por Kg de materia seca. Este cereal es probablemente el más apetecido por los animales (I.S.C.A.H., 1986)¹.

El maíz tiene el mayor equivalente en almidón (76-77%) de todos los granos de cereales. Contiene poca fibra ó materia mineral y es particularmente pobre en calcio. Su proteína no solo es baja en cantidad sino que por si misma es biológicamente de calidad pobre Simmons (1965), citado por Church (1974).

Por ser el aceite de maíz rico en ácidos grasos insaturados, la grasa de la leche y la grasa orgánica de los animales que consumen altas cantidades de este grano, son menos consistentes que la normal (Church, 1974).

La composición media centesimal de la cariósida del maíz es la siguiente: materia seca de 86 a 88%; proteína bruta, de 9 a 11%; materias grasas brutas, de 4 a 5%; fracción no nitrogenada, de 65 a 70%; y cenizas, de 1.3 a 1.8%. (Morrison, 1969; citado por de la Cerda, 1989).

SORGO.

Constituye un cereal que puede reemplazar a otros en los alimentos destinados a animales domésticos aunque éstos se muestran menos propensos a aceptarlos debido a la dureza del tegumento y a un gusto menos agradable a causa de su contenido en tanino (I.S.C.A.H., 1986).

El sorgo crece en muchas partes del mundo donde el clima es caliente y seco; la composición de sus granos no difiere lo bastante para afectar seriamente sus cualidades alimenticias Simmons (1965) citado por Church (1974).

Este grano puede usarse en cualquier mezcla como un cereal, siendo sus características especiales su alto contenido en almidón, poca fibra y bajo contenido mineral. El grano de sorgo es análogo al grano de maíz por su composición y valor nutritivo. Contiene aproximadamente 70% de extracto no nitrogenado, que en su mayor parte es almidón (de la Cerda, 1989). Después

¹ (I. S. C. A. H.) Instituto Superior de Ciencia de la Habana.

del maíz, el sorgo es el que tiene el mayor valor energético total; la composición del grano de sorgo es la siguiente: proteínas, 12.7%; extracto etéreo (grasa), 3.7%; fibra celulósica, 2.8%; cenizas, 2.3%; extracto no nitrogenado (carbohidratos), 78.6%. (Crampton y Harris ;1974, citado por de la Cerda ;1989).

TRIGO.

El grano de trigo es uno de los cereales de mayor valor nutritivo y se puede emplear para todas las especies de animales. El contenido de energía metabolizable por Kg de materia seca es aproximadamente 3 Mcal. Las proteínas contenidas en el trigo son de mediana calidad aunque mejores que las del maíz.

El trigo es muy apetecible por los animales; cuando se suministra como el único cereal de la ración y los animales lo consumen en exceso pueden sufrir trastornos digestivos en virtud de la elasticidad del gluten (I.S.C.A.H., 1986).

La composición media del trigo blando comercial es la siguiente: materia seca, 87%; proteína bruta, 10 a 14%; materias grasas, 1.7 a 2.2%; hidratos de carbono, 65 a 72%; celulosa bruta, 1.8 a 2.6%; cenizas, 1.7 a 2.6%. (Esminger ;1983, Crampton y Harris ;1974, citados por de la Cerda ,1989).

CEBADA.

La cebada es un alimento seguro y fácilmente digestible para todos los animales de granja, cuando se compensa correctamente con proteínas, minerales y vitaminas mediante otros ingredientes de la ración. Es un alimento esencialmente feculento, pobre en aceite y que cuando forma parte substancial de la dieta produce grasa de excelente calidad Simmons (1965), citado por Chuch (1974).

El grano de cebada proporciona una cantidad intermedia de energía metabolizable entre el maíz y la avena (2.7 Mcal/Kg de materia seca).

Es un grano de alta palatabilidad pudiendo integrar en más de un 50% las raciones de todas las especies de animales. La cebada debe molerse o triturarse, salvo cuando se destine a la alimentación de las ovejas ó se suministre como grano entero a las aves (I.S.C.A.H., 1986).

Existen diferencias considerables en la composición analítica de la cebada, según las variedades y formas, y éstas son las siguientes: materias secas, 87.5%; materia nitrogenada total, 8.7 a 12%; materia nitrogenada digestible, 6.3 a 8.8%; materias grasas, 1.8 a 2.5%; fracción no nitrogenada, 63.7 a 70.2%; celulosa, 2.7 a 6.5%; cenizas, 2.3 a 2.8% (Kellner, s.a.; citado por de la Cerda ,1989).

AVENA.

El grano de la avena constituye entre los cereales uno de los más bastos por su alto contenido en fibra (10-11%) por lo que su valor energético es inferior al de los demás cereales ya que el extracto libre de nitrógeno se encuentra aproximadamente en un 52% lo que resulta bajo en comparación con el resto de los cereales. La avena proporciona alrededor de 2.4 Mcal de energía metabolizable por Kg de materia seca. Este grano tiene un contenido en lípidos del 5%, lo que es superior al resto de los cereales. (I.S.C.A.H., 1986).

La composición analítica base para una avena comercial es la siguiente: materia seca, 89.8%; proteína bruta, 11.6%; proteína digestible, 8.3%; materias grasas, 4.1%; fracción no nitrogenada, 57.7%; celulosa bruta, 12.1%; y cenizas, 4.3%.

Los datos analíticos correspondientes a los granos completos demuestran que la avena contiene porcentajes más altos de proteínas y materias grasas que la cebada; sin embargo, siendo superior el contenido en celulosa bruta, la digestibilidad de los principios nutritivos es más débil (de la Cerda, 1989).

En la Tabla 1 se presenta una comparación de la composición de los cereales en cuanto a los principios nutritivos anteriormente descritos.

Tabla 1. COMPOSICION TIPICA DE LOS GRANOS DE CEREALES (%).

Cereales	M.S	P.B.	Grasa	E.L.N.	Fibra	Cenizas	E.M. (Mcal/Kg M.S.)
Maíz	87	10	4	69	2	1	2.93
Sorgo	89	10	4	71	2	2	2.80
Trigo	87	12	2	69	2	2	3.06
Cebada	85	10	2	66	5	3	2.71
Avena	87	10	5	58	10	3	2.48

fuelle: I.S.C.A.H., Cuba (1986).

METODOS PARA EL PROCESAMIENTO DE GRANOS.

A partir de la década de los años cincuenta, la importancia del procesamiento de los granos para la alimentación animal se hizo patente y fué objeto de estudios y desarrollo de tecnologías por parte de investigadores de E.U. y Europa.

En aquel tiempo, las dietas para el ganado contenían 50% ó más de forrajes y los granos utilizados, principalmente maíz, se suministraban en forma de mazorca entera. Las primeras comparaciones realizadas consistieron en probar mazorca entera contra grano entero, suplementado con ensilaje de maíz, siendo el segundo un tanto mejor en cuanto a ganancia diaria.

En el cambio a maíz entero para avanzar hacia un mejor comportamiento del ganado, los productores notaron una considerable cantidad de grano entero encontrado en las heces. Sin embargo, como la mayor parte de los granjeros-engordadores contaban con cerdos sueltos detrás de su explotación, no mostraron gran interés en considerar la baja digestibilidad del maíz entero.

Posteriormente en mediana escala se comenzó a estudiar y utilizar tipos de molienda de granos para alterar la forma entera del maíz (lo cual luego reemplazó casi totalmente el uso de mazorcas para la alimentación del ganado).

La mayor parte de los ensayos de alimentación referentes al procesamiento del maíz de los años cincuenta y sesentas fueron dirigidos a métodos de procesamiento y fineza de molido.

Fué solamente después de que grandes engordadores y sus nutricionistas empezaron a reducir el contenido de forraje en las raciones, y después de que los costos de la energía se dispararon, que los investigadores empezaron a re investigar la pregunta de cuales de las cualidades alimenticias del maíz eran incrementadas por el procesamiento (Neuman, 1977).

Armstrong (1972; citado por Ramírez, 1983); menciona que el procesamiento del maíz y otros granos para la alimentación del ganado puede mejorar la eficiencia alimenticia y ganancia de peso.

Por su parte Axe y col. (1987); menciona que la necesidad de aumentar la eficiencia alimenticia en la industria de la alimentación del ganado tiene particular interés en la optimización de los valores nutritivos de los cereales. Lo anterior es causa lógica de la importancia que reviste el principal componente y fuente energética de las dietas actuales de finalización del ganado.

Han sido desarrollados muchos métodos de procesamiento: sin embargo un sólo método no será el más conveniente para todos los engordadores de ganado. Los factores a considerar incluyen (1) tipo de grano, (2) uniformidad y calidad del producto terminado, (3) contenido de humedad del grano, (4) cambio en la estructura del almidón, (5) efecto en el consumo voluntario, (6) efecto en la salud del ganado, (7) influencia en la calidad de la canal, (8) tipo de engorda, (9) tamaño de la engorda, (10) tipo de ración a suministrar, y (11) efecto del procesamiento del grano en el costo total de la alimentación (Wagner y col., 1973; citado por Ramírez, 1983).

Aproximadamente el 70 a 80% de la materia seca en los cereales esta compuesto de almidón. El tipo de almidón varía entre granos, así el almidón de algunos granos es más digestible que en otros. La disponibilidad del almidón varía aún de una variedad de grano a otra. La mayoría de los métodos de procesamiento han sido desarrollados, al menos en parte, para mejorar la disponibilidad del almidón en cereales para aumentar la digestibilidad y eficiencia alimenticia cuando el grano se proporciona para finalizar ganado. El efecto básico del procesamiento es el de romper los altamente organizados gránulos de almidón en el endospermo, así éstos pueden ser más fácil y rápidamente digeridos (Wagner y col., 1973; y Walker y col., 1970; citados por Ramírez ;1983).

El tratamiento de granos puede dividirse en dos clases: métodos de procesamiento en seco y de procesamiento húmedo. En la Tabla 2 se enumeran los diversos métodos de tratamiento incluidos en cada una de éstas clases.

Tabla 2. METODOS DE TRATAMIENTO DE GRANOS

<i>Tratamiento en Seco</i>	<i>Tratamiento Húmedo</i>
Molturación	Macerado
Mazorca Molida	Rolado a Vapor
Quebrado	Hojueleado a Vapor
Rolado en Seco	Reconstituido
Peletizado	Cosecha Precoz
Expansión en Aire Seco	Preservación Química
Micronizado	Ensilado de Espigas
Extruido	Descompresión
Torrefacción	Cocción a Presión y Hojueleado

Existe otra clasificación de métodos mencionado por Ramírez (1983), en el cual se dividen en (1) métodos convencionales, los cuales incluyen al molido, roñado en seco, roñado a vapor, y peletizado; y (2) métodos modernos, tal como el hojueleado a vapor, cocción a presión y hojueleado, cosecha precoz, reconstituido, preservación química, expansión en aire seco, micronizado, descompresión, extruido y torrefacción.

MOLTURACION.

La molturación ó molido es probablemente el procedimiento más simple y económico de preparar los cereales para su consumo por el ganado. La molturación puede variar desde sumamente fina hasta grosera, según el tamaño de los orificios de la malla utilizada y tipo de molino disponible. Para las raciones destinadas a la finalización del ganado productor de carne, los cereales no deben ser molidos tan finamente que resulten pulvurentos o harinosos. El molido sumamente fino no sólo precisa más potencia y tiempo, sino que suele hacer el cereal menos palatable y reduce realmente su valor nutritivo. Los cereales molturados parecen ser los más útiles para raciones que contienen ensilados o que son relativamente pobres en cereales. Si en la ración se utilizan ensilados o melazas, puede evitarse en parte la naturaleza pulvurenta del cereal molido (Church, 1974).

Los engordadores pueden recurrir al molino de martillos, molino de piedra, molino de cuchillas, ó el molino de rodillos para procesar el grano seco, especialmente si están proporcionando una dieta completa mezclada con algún tipo de forraje procesado. La investigación no indica cuales de estos tipos de molino es mejor ó menos efectivo que otro, de ésta manera el molino que muele el grano más económicamente, consistente, con conveniencia y adaptación a la automatización, será el seleccionado (Neuman, 1977).

MAZORCA MOLIDA.

Hasta hace aproximadamente 40 años, el maíz se cosechaba en forma de mazorca, almacenándose así en forma seca y posteriormente era suministrado entero al ganado; después se comenzó a proporcionar molido, de esta manera se evitaba el rechazo al olote, mismo que constituía la fuente de forraje de la ración. En la actualidad el uso de éste método es mínimo para la preparación de raciones de finalización, y sólo lo utilizan las engordas de tipo doméstico con bajo grado de tecnificación.

QUEBRADO.

El quebrado de los cereales es una variante de la molturación, ya que aquí sólo se da un paso muy ligero en el molino; el principio que sostiene éste método es básicamente la ruptura de la indigestible cubierta del cereal para exponer al endospermo al ataque enzimático y microbiano, dada la poca eficiente masticación que realiza el ganado bovino, en comparación por ejemplo con la de los ovinos. Este tipo de preparación de grano aún es comúnmente utilizada en engordas pequeñas de nuestro país. Es un método que resulta muy económico, principal motivo por el cual se utiliza.

ROLADO EN SECO.

El tratamiento de rolado en seco de granos consiste en hacer pasar los granos de cereal a través de un molino de rodillos, dando lugar a granos aplastados que según la tolerancia o calibración de los rodillos, pueden ser triturados hasta alcanzar una consistencia de grano molido o bien tan sólo romperse en unos cuantos trozos.

El rolado o aplastado en seco es probable que haya sido el método más común para preparar los cereales destinados al ganado de carne cuando se consumen bien como raciones completas mezcladas o como suplemento de cereales (Church, 1974).

PELETIZADO.

El presente método consiste en formar pequeños cubos de grano a presión. Neuman, 1977; menciona que el método produce resultados satisfactorios en base a pocos estudios comparativos de éste procedimiento contra otros; sin embargo, el costo de procesamiento de los granos usando el peletizado es previsible que tenga un costo superior en más del 50% sobre el Hojueleado a Vapor o el Micronizado.

Una explicación de los buenos resultados obtenidos con el peletizado puede ser que en la formación de los pélets, no existen pérdidas de partículas, como sucede con el Molido o Rolado en Seco. Otra posibilidad es que su buena digestibilidad sea causada por el calentamiento del grano, lo cual gelatiniza parcialmente al almidón (Neuman, 1977).

EXPANSION EN AIRE SECO.

El grano secado por aire hasta entre 10 y 14% de humedad es calentado hasta 370-425 °C durante 15 a 30 segundos. La mayor parte de los granos se expande ó revienta, y el producto resultante contiene sólo el 3% de humedad. El almidón se vuelve gelatinizado y debe de agregarse agua antes de que el grano pase a la segunda fase que es el rolado. El producto final tiene un agradable aroma y una apariencia aceitosa, ampulosa y ligeramente acaramelada. El grano expandido es muy alto en volumen y es el más usado en raciones alta ó totalmente concentradas (Neuman, 1977). Este proceso determina la ruptura total del endospermo del grano, y esto hace que se rompan los gránulos de almidón, que así son más fácilmente atacados por los microorganismos del rumen y/o por el animal (Church, 1974).

MICRONIZADO.

El método de micronizado es un tratamiento relativamente nuevo para el procesado de granos, logrando la expansión del grano utilizando calor seco. El grano de sorgo es el que en mayor escala es procesado bajo éste método en los E.U. La micronización se logra calentando el grano mediante generadores de infrarrojos accionados a gas. El proceso se debe al hecho de que los quemadores de infrarrojos emiten microondas con 3×10^8 a 3×10^{11} ciclos/segundo. Posteriormente se hace pasar el grano entre rodillos de acero que aplican extrema presión diagonal y paralela, terminando el producto final como estrías espirales, tipo hojueleado y completamente voluminoso pesando sólo 0.344 Kg/Lt (Church, 1974; Neuman, 1977).

Originalmente se creía que los granos serían expandidos al pasar a través del calor. Riggs y col., (1970; citado por Church, 1974); realizó un estudio completo de los granos tratados según se ha descrito anteriormente. Solamente se lograba la expansión del 40 a 45% de los granos.

EXTRUIDO.

La Estación de Colorado, E.U.; ha desarrollado otro método que incrementa el volumen del grano. El grano es forzado a presión a pasar a través de un orificio en forma de barrena en espiral, produciendo cintas de grano que se quiebran en hojuelas y formas de tamaño irregular al salir de la extruidora. La temperatura que se alcanza en el orificio de salida es de alrededor de 94 °C. Como en otros métodos que involucran calor seco ó vapor, el calor generado por la fricción aplicada al grano gelatiniza el almidón del grano. (Church, 1974; Neuman, 1977).

TORREFACCION.

La torrefacción o tostado es un método mediante el cuál se tratan los granos de los cereales con calor seco. La máquina utilizada dispone de un cilindro giratorio dentro de una camisa y rebabas en el exterior que elevan el grano a través de chorros de fuego que se dirigen hacia abajo desde la parte superior de la camisa. La temperatura de salida de los granos de cereal es de unos 150 °C. Durante éste proceso disminuye la relación peso/volumen. Por ejemplo, el maíz sin tratar pesa 0.710 Kg/lt aproximadamente, mientras que el maíz tostado pesa 0.620 Kg/lt. Esto pone de manifiesto que el cereal sufre un cierto grado de expansión durante el proceso de torrefacción. El contenido de humedad del cereal disminuye al 5% aproximadamente (Church, 1974).

MACERADO.

Durante muchos años los ganaderos han macerado los cereales en agua por períodos de 12 a 24 horas antes de triturarlos ó molerlos para su incorporación a la ración. Así se ablandan las cubiertas céreas y el endospermo y los cereales se hacen más palatables para el animal, aumentando el consumo, y por consiguiente los rendimientos.

En una explotación comercial es limitada la aplicación de la maceración de los cereales antes de su preparación como consecuencia de problemas mecánicos y de almacenamiento. La maceración de los cereales podría resultar útil en pequeñas explotaciones. El grano entero debe ser triturado antes de ser consumido (Church, 1974).

ROLADO A VAPOR.

A través del tiempo se ha manifestado el interés por tratar los cereales con vapor antes de triturarlos, especialmente en el caso del sorgo y del maíz. Para éste método no parece existir un control cualitativo ni especificaciones sobre el tratamiento de vapor aplicado.

Para tratar los cereales con vapor se coloca una cámara sobre el molino triturador de rodillos, por la que se pasa el cereal antes de ser triturado. Cuando el grano atraviesa la cámara de vapor se ve sometido a la acción de vapor fluente. Uno de los fines primordiales de este tratamiento fue el de matar las semillas de malas hierbas que pudiesen contaminar a los cereales. La legislación de algunos Estados obliga a que los granos sean molidos ó tratados al vapor antes de ser consumidos por el ganado, ante la posibilidad de que su estiércol sea utilizado para fines agrícolas.

Cuando no existen disposiciones oficiales para el tratamiento con vapor, los granos se someten a la acción del vapor durante 3 - 5 minutos antes de rolarlos a temperaturas de unos 83 °C. Los cereales que son rolados después de tratarlos con vapor suelen ser menos polvorientos que los rolados en seco (Church, 1974). Actualmente este proceso se ha modificado casi totalmente a hojueleado a vapor.

HOJUELEADO A VAPOR.

Si el grano se procesa para aumentar su volumen o rugosidad, para este propósito han sido desarrollados varios promisorios métodos. El hojueleado a vapor, es muy comúnmente utilizado en explotaciones comerciales, y especialmente en Colorado; consiste en un cocido al vapor ó calentamiento del grano entero en una cámara durante 15 a 30 minutos a presión atmosférica y a 93 °C. El contenido de humedad es elevado a alrededor de 20% en este proceso. El maíz es entonces rolado o aplastado, mientras más delgado mejor. Las hojuelas con alta humedad deben secarse si no se suministran de inmediato (Neuman, 1977).

El hojueleado difiere del ordinario rolado a vapor en que el grano es sometido a vapor durante un período más largo de tiempo ó sometido a vapor bajo presión. Esto resulta en una penetración más profunda del vapor y un aumento en el contenido de humedad antes de que sea rolado (Johnson y col., 1968).

Un estudio de literatura indicó que ningún proceso anterior al desarrollo del hojueleado a vapor mejoró tan dramáticamente el comportamiento del ganado en las engordas. La mayoría de las técnicas modernas de procesamiento han sido desarrolladas en un intento de obtener resultados similares y con esperanza mejores que el hojueleado a vapor, con una posible reducción en el costo (Wagner y col., 1973; citado por Ramírez, 1983).

El alto costo inicial del equipo para procesado de grano por este método lo hace prohibitivo para engordas con menos de 500 cabezas de ganado. Sin embargo varios manufactureros trabajan para desarrollar unidades más pequeñas que sean eficientes y que no queden fuera del alcance económico de los engordadores en pequeño (Neuman, 1977).

RECONSTITUIDO.

La reconstitución puede definirse como el proceso mediante el cual se adiciona agua a el cereal cosechado maduro (10-14% de humedad) para aumentar su contenido acuoso hasta el 20-35% y almacenar el producto húmedo en un ambiente con oxígeno limitado durante 15-21 días antes de su consumo. Esto sería diferente al grano cosechado precozmente, ya que se cosecha el grano no maduro con el 20-35% de humedad y se almacena hasta su consumo en un ambiente con oxígeno limitado (Church, 1974). Usualmente el grano es rolado conforme se va descargando para su consumo y el valor alimenticio del grano fermentado es comparable al del grano cosechado y almacenado con alta humedad de grano. La razón principal para utilizar este método es proveer las necesidades de grano húmedo de un año entero sin la necesidad de realizar una considerable inversión en almacenaje con oxígeno limitado para todo el período citado. El grano seco puede ser almacenado a un costo más bajo, ó en el caso de grandes explotaciones, se compra conforme se va necesitando y entonces es procesado a estado húmedo rellenando las instalaciones de almacenamiento con oxígeno limitado en forma periódica (Neuman, 1977).

La captación de agua en el grano se incrementa calentando ésta hasta 48-60 °C. Si los cereales se muelen antes de reconstituirlos, su utilización no será mejor que la del cereal testigo molido y seco. Se duda de que sea importante la fermentación bacteriana durante el proceso de reconstitución, ya que el grano (sorgo) molido no se reconstituye en forma satisfactoria (Church, 1974).

COSECHA PRECOZ.

Las condiciones ambientales de algunas regiones obligan a recolectar el grano de maíz y de sorgo antes de su maduración. El grano suele almacenarse en silos herméticos y después es rolado ó molido cuando va a ser consumido. El nivel de humedad en los cereales maduros suele oscilar del 12-15%, aunque pueden cosecharse con el 20-35% de humedad y seguir produciendo un rendimiento máximo de materia seca (Church , 1974).

Si se utilizan grandes silos de trinchera, el maíz entero suele ser molido para ser almacenado, para así reducir la putrefacción y hacer más sencillo el mezclado con ensilaje en las unidades alimentadoras sin que se tenga que procesar ó moler en esta fase (Neuman, 1977).

PRESERVACION QUIMICA.

Para reducir el costo de almacenaje del maíz húmedo, son empleados ácidos orgánicos como agentes esterilizantes para inhibir los mohos y crecimiento bacteriano. Como el maíz tratado con ácidos puede ser almacenado con seguridad a bajo costo, pueden, por ejemplo, utilizarse cobertizos abiertos con piso de concreto o amontonarlo sobre la tierra si el área tiene bajas precipitaciones. Los ácidos acético y propiónico combinados en una solución 60:40 son comúnmente utilizados. La naturaleza cáustica de algunos ácidos utilizados ocasiona la corrosión excesiva y rápido deterioro de los recipientes mezcladores metálicos, vagones alimentadores, barrenas metálicas y aún descargadores de silo. Esto debe tomarse en cuenta como un costo antes de tomar la decisión de adoptar el tratamiento ácido como medida de preservación química de los granos (Neuman, 1977).

ENSILADO DE ESPIGAS.

Los cereales, principalmente el sorgo, pueden ser cosechados también precozmente para ensilar sus espigas enteras. Este producto suele denominarse ensilado de espigas. Este ensilado es rico en fibra bruta debido a la porción de tallo presente en la espiga y que se ensila con el grano. El producto puede contener del 12 al 15% de fibra bruta en base a materia seca. Este alimento suele triturarse antes de almacenarlo en el silo, ya que al triturar las espigas se logra una mejor compactación y exclusión del aire. Deben tomarse precauciones para evitar la alteración tanto del cereal cosechado precozmente como del ensilado de espigas. Debido a la riqueza del ensilado de espigas, los únicos ingredientes adicionales que se precisan en el momento de su consumo son suplementos que aporten la proteína, vitaminas y minerales necesarios. También podría ser aconsejable la inclusión de algunos alimentos secos, tales como forrajes adicionales o cereales, de forma que sea adecuado el consumo de materia seca.

DESCOMPRESION.

Mediante éste proceso se somete a los cereales a una elevada presión de vapor dentro de una cámara cerrada y posteriormente se desciende súbitamente a la presión atmosférica. Esto provoca una rápida expansión del grano. Este tratamiento ha sido aplicado tan sólo al sorgo. El cereal se mantiene en el interior de una cámara de presión durante 15 a 20 segundos con una presión de vapor de 15.7 a 17.5 Kg/cm² (195 a 204 °C) que después se deja escapar por un orificio de 76.2 X 6.35 mm. Los granos se romperían en su totalidad. Tan sólo se dispone de una información limitada sobre el valor nutritivo del producto descomprimido. El sorgo descomprimido goza de la ventaja de que el control de calidad podría mantenerse fácilmente en comparación con el micronizado, expandido y hojueleado a vapor (Church, 1974).

011607

COCCION A PRESION Y HOJUELEADO.

La cocción con presión de los cereales es un tratamiento con calor húmedo que da origen a un producto similar al cereal tratado adecuadamente hojueleado a vapor. El aparato de cocción a presión tiene flujo continuo y funciona por medio de válvulas de exclusión del aire que inyectan el grano para su cocción y lo expelen cuando ha finalizado la cocción a presión. El vapor, a la presión deseada, se inyecta en la cámara hermética que contiene el cereal. Puede adicionarse agua libre directamente a la cámara de cocción para aumentar el contenido de humedad del grano. El aparato de cocción a presión tiene la ventaja de que pueden obtenerse las especificaciones deseadas para el tratamiento en 1 ó 2 minutos, mientras que la cámara de vapor puede precisar de 15 a 30 minutos para comenzar a trabajar. Los cereales suelen cocerse durante 1.5 minutos a la presión de 3.51 Kg/cm². El grano debe prepararse en forma de hojuelas una vez que ha sido cocido. Como norma, dada la elevada temperatura y grado de humedad del cereal a la salida del aparato, resulta esencial enfriar el producto y reducir su nivel de humedad para permitir la formación de copos. La temperatura suele reducirse por debajo de 93 °C y el contenido de humedad en un 20% antes del hojueleado. En consecuencia se necesita una torre de enfriamiento y desecación situada antes del aparato rolador. Resulta difícil preparar hojuelas con el sorgo cocido a presión que sean igual de finos que con el grano hojueleado a vapor. Esto se debe a la naturaleza esponjosa del cereal cocido a presión, que permite la expansión del grano después de hojueleados los copos.

RESULTADOS DE INVESTIGACION REVISADA.

En éste punto, se presentan datos obtenidos por investigadores referentes a ganancia de peso, consumo diario, eficiencia de conversión, etc., lograda con diferentes métodos de procesamiento.

MOLIDO.

En un ensayo realizado por la Estación de Illinois con novillos alimentados durante 150 días, reportado por Neuman (1977), fueron comparados maíz toscamente molido y maíz entero (Tabla 3). Uno de los dos lotes de novillos de cada tipo de grano recibió 10% de heno de maíz triturado en la ración durante toda la prueba, mientras que el otro lote recibió heno sólo los primeros 56 días. Los resultados muestran la ventaja del maíz entero o no procesado en dieta concentrada. La calidad de la canal y grado de finalización fueron inalterados e, interesantemente, la incidencia de abscesos hepáticos fue marcadamente inferior en los novillos finalizados con el maíz entero bajo dieta concentrada. Posiblemente muchos de los granos enteros se desviaron en el rumen y de ésta manera no experimentaron degradación, resultando en una reducida acidez del rumen, la cual se sugiere como condición predisponente para la aparición de abscesos hepáticos.

Tabla 3. MAÍZ ENTERO O MOLIDO PROPORCIONADO CON DOS NIVELES DE FORRAJE A NOVILLOS (150 DIAS).^a

	Niv. de forr. después de 56 días			
	0		10	
	Maíz Molido	Maíz Entero	Maíz Molido	Maíz Entero
<i>Número de novillos</i>	50	50	50	50
<i>Promedio de peso inicial (Kg)</i>	294	294	295	293
<i>Promedio de ganancia diaria(Kg)</i>	1.24	1.33	1.39	1.43
<i>Consumo diario de maíz(Kg)</i>	8.76	8.72	8.90	8.54
<i>Tasa alimento/ganancia</i>	7.90	7.40	7.70	7.20
<i>Maíz/100 Kg de ganancia</i>	702	653	640	596
<i>Grado de canal USDA</i>	11.7	12.1	12.1	12.3
<i>Grado de finalización USDA</i>	2.9	3.1	3.1	3.0
<i>No. de abscesos hepáticos</i>	22	4	6	2

^aIllinois Cattle Feeders' Day Report, 1971.
fuente: Neuman, 1977.

Se han hecho muchas comparaciones entre maíz entero o molido y cebada molida como alimento para finalización del ganado. Algunos de los resultados de esos estudios son mostrados en la Tabla 4. A pesar de que las pruebas de alimentación muestran considerable variación en el valor relativo del maíz y la cebada para finalizar ganado, la mayoría indica que la cebada molida es menos palatable que el maíz entero, además tiene la tendencia a causar timpanismo, y que el ganado alimentado con cebada es usualmente vendido a menor precio que el alimentado con maíz. En vista de ello la alimentación con cebada únicamente es confinada sólo a aquellas regiones en las que la cebada es extensamente sembrada y es en consecuencia relativamente barata.

En la franja del maíz propiamente, la cebada podría ser suministrada siempre mezclada con maíz ó maíz y avena para reducir la incidencia de timpanismo (Neuman, 1977).

Tabla 4. CEBADA COMPARADA CON MAÍZ PARA FINALIZAR GANADO.

	Becerras ^a		Novillos ^b R de 4 años		Becerras ^c	
	Maíz Molido	Cebada Molida	Maíz Molido	Cebada Molida	Maíz Entero	Cebada Molida
	Ganancia diaria(kg) Alim/100 Kg de ganancia	0.96	0.89	0.92	0.91	1.06
Grano	570	613	379	384	476	476
Conc. proteico	47	51	-	-	64	68
Ensilaje de maíz	-	-	-	-	414	431
Heno	176	199	841	824	119	114

fuelle: Neuman, 1977.

^a Kansas Cattle Circular 36A.

^b Oregon Bulletin 528.

^c Minnessota Bulletin 300.

MAZORCA MOLIDA.

A pesar de que se han hecho más de una veintena de comparaciones entre maíz entero y mazorca molida, parece imposible colocar una arriba de la otra sin hacer primero consideraciones. La mayor parte de los primeros experimentos mostraron que el grano entero fué un poco superior respecto a consumo voluntario, tasa de ganancia y grado de finalización producido, pero en varios más recientes experimentos reportados en la Tabla 5, becerros y novillos ganaron prácticamente la misma tasa con maíz entero ó mazorca molida. En todas las pruebas de Ohio, fueron substancialmente consumidos menos kilos de maíz para obtener 100 unidades de ganancia de peso por los novillos que consumieron mazorca molida.

Tabla 5. VALOR COMPARATIVO DE MAÍZ Y MAZORCA MOLIDA PARA GANADO DE ENGORDA

	Becerrros		Ohio (Promedio 3 Ensayos)		Nebraska		Novillos Nebraska (Promedio) 4 Ensayos		Novillos Iowa	
	Maíz Entero	Mazorca Molida	Maíz Entero	Mazorca Molida	Maíz Entero	Mazorca Molida	Maíz Entero	Mazorca Molida	Maíz Entero	Mazorca Molida
Promedio de ganancia diaria (Kg)	0.91	0.95	1.14	1.12	1.18	1.15	0.88	0.9	0.88	0.9
Consumo										
Maíz	4.4	5.1	4.9	5.8	8.3	10.1	5.5	5.4	5.5	5.4
Concentrado proteico	0.8	0.8	0.5	0.6	--	--	0.8	0.8	0.8	0.8
Ensilaje de maíz	3.2	3.2	--	--	--	--	5.2	5.2	5.2	5.2
Heno	1.2	1.3	1.8	1.8	2.4	1.8	0.7	0.7	0.7	0.7
Alim por 100 Kg. de GDP										
Maíz (Kg)	479	418	424	408	744	727	617	601	617	601
Concentrado proteico	88	83	43	51	--	--	88	86	88	86
Ensilaje de maíz (Kg)	267	260	--	--	--	--	593	581	593	581
Heno (Kg)	280	274	155	158	212	164	79	77	79	77

a

Porción de grano solamente

fuentes: Neuman (1977)

Tabla 6. RESUMEN DE 14 EXPERIMENTOS COMPARANDO VALOR ALIMENTICIO DE MAZORCA SECA VS. HUMEDA a

Estación	Dias en Alimen- tación	Animales por lote	% De Humedad		Ganancia Diaria Kg		Concentrado por 100 Kg de Ganancia Diaria Kg		Porcentaje de Estimación sobre Maíz seco	
			Maíz Húmedo	Maíz Seco	Maíz Húmedo	Maíz Seco	Maíz Húmedo	Maíz Seco b	Ganancia	Eficiencia
Dakota del Sur	97	18	40	15	0.97	0.81	790	878	19	11
Indiana	117	10	32	18	1.12	1.06	866	988	6	14
Indiana	117	10	32	18	1.16	1.06	807	951	10	17
Indiana	126	36	32	15	0.97	0.99	555	617	-2	11
Iowa	119	36	31	15	1.35	1.38	675	750	-2	11
Iowa	56	36	38	14	1.52	1.47	471	528	3	12
Indiana	133	36	37	24	0.84	0.88	634	660	-4	4
Colorado	112	8	53	14	1.09	1.14	433	483	-5	10
Michigan	147	10	31	18	0.89	0.69	754	973	29	23
Colorado	140	8	55	15	0.94	1.02	519	564	-8	8
Iowa	175	6	30	14	0.96	1.05	726	805	-8	10
Iowa	175	6	30	14	1.09	1.05	667	634	3	-5
Ohio	119	21	36	12	0.98	0.93	685	803	5	15
Michigan	203	13	23	19	0.75	0.73	734	725	3	1
Promedio	131	18	36	16	1.05	1.02	665	740	4	10

a Adaptado del Michigan Beef Cattle Day Report, 1960

b Corregido a mismo contenido de humedad de maíz seco

fuentes: Neuman (1977)

Neuman (1974), menciona que la mazorca molida es superior al maíz entero para ganado que es alimentado en pastas de leguminosas, como trébol dulce y alfalfa, porque las partículas de olote contribuyen a superar la tendencia de estos forrajes de causar diarrea y timpanismo. Sin embargo el maíz entero aparece mucho mejor en pasto azul y otros pastos no leguminosos, porque son consumidas grandes cantidades de grano y por lo tanto se aseguran mayores ganancias de peso.

La Tabla 6 muestra una comparación directa entre mazorca seca y mazorca húmeda; en 14 diferentes pruebas la mazorca húmeda molida fue alrededor de 10% más eficiente que la mazorca seca molida. Las ganancias fueron ligeramente mejoradas también, en contraste con el maíz molido húmedo contra el seco en forma de grano.

QUEBRADO.

En un ensayo realizado por la Estación de Illinois y reportado por Neuman (1977), se alimentaron novillos con maíz entero ó quebrado con un suplemento proteico peletizado, sin forraje. El incremento en la tasa de ganancia de peso y eficiencia alimenticia de este ensayo de 82 días demostró que el procesamiento de quebrado de maíz para la alimentación de novillos en ración concentrada, fue no solamente innecesario sino detrimental (Tabla 7).

Tabla 7. MAÍZ QUEBRADO CONTRA MAÍZ ENTERO PARA NOVILLOS ALIMENTADOS CON DIETAS TOTALMENTE CONCENTRADAS (82 DIAS).^a

	Maíz Quebrado	Maíz Entero
Número de novillos	12	12
Promedio de peso inicial(Kg)	330	325
Promedio de peso final(Kg)	462	486
Total de ganancia/novillo(Kg)	132	161
Ganancia diaria media(Kg)	1.56	1.81
Tasa alimento/ganancia	5.29	4.84

^a Illinois Cattle Feeders Day Report, 1971.
fuente: Neuman, 1977.

Por otra parte Johnson y col., 1968; realizó una serie de estudios en los cuales comparó la utilización del maíz bajo dos procesamientos que fueron quebrado y hojueleado a vapor, dicho estudio se dirigió a cuantificar la digestibilidad de estos materiales así como la tasa de paso del alimento a través del tracto digestivo, retención de energía y alteraciones en las proporciones de ácidos grasos volátiles en el rumen.

Los resultados obtenidos comparando el maíz hojueleado a vapor con maíz quebrado los resume de la siguiente manera resultando el primero con: (1) pérdida parcial de gránulos de almidón por birrefringencia; (2) disminución del peso específico de las partículas de maíz; (3) una tasa de paso 9 horas más rápida a través del tracto digestivo; (4) un 4 a 6% de incremento en la digestibilidad de la materia seca; (5) ninguna diferencia en las proporciones de ácidos grasos volátiles en el rumen; (6) disminución de pérdidas de energía como gas metano; y (7) un incremento estimado de retención de energía de 6 a 10%.

ROLADO EN SECO.

En referencia al rolado en seco, investigadores de Oklahoma compararon 4 métodos de procesado de trigos duros en raciones a libre acceso 90% concentradas para novillos durante 122 días, con el trigo componiendo el 70% del total de la ración. Sus resultados son presentados en la Tabla 8. Fué incluido un lote de sorgo para comparación.

Los métodos de procesamiento afectaron el consumo y promedio de ganancia diaria, pero solamente el trigo entero se convirtió en ganancia a una tasa pobre. Como al parecer no se tuvieron diferencias en la canal, podría parecer que el trigo seco se compara favorablemente con el sorgo rolado en seco cuando el primero se proporcione rolado en seco, molido grueso ó molido fino, pero no cuando se proporciona entero. Usando diferentes niveles o tipos de forraje se pueden provocar diferentes resultados.

Tabla 8. COMPORTAMIENTO EN ENGORDA DE NOVILLOS ALIMENTADOS CON TRIGO PROCESADO POR DIFERENTES TRATAMIENTOS ^a

	GRANO Y TRATAMIENTO				
	Sorgo Rolado en seco	Trigo Rolado en seco	Trigo Molido Grueso	Trigo Molido Fino	Trigo Entero
Número de Novillos	12	12	12	12	12
Promedio de peso inicial, Kg	315	315	312	312	311
Promedio de peso final, Kg	480	465	469	455	471
Promedio de consumo diario, Kg ^b	9.4	8.4	9.4	7.9	10.4
Promedio de ganancia diaria, Kg	1.37	1.23	1.30	1.15	1.30
Tasa de alimento / Ganancia	6.90	6.93	7.28	6.89	8.19
Densidad del grano, Kg / lt	0.599	0.497	0.669	0.696	0.900

^a Adaptado de la Estación Experimental de Oklahoma MP-87, 1972

fuelle: Neuman (1977)

^b Ajustado al 90% de materia seca

Por otra parte Church (1974), menciona resultados de experiencias dirigidas por la Universidad de Arizona. Los resultados de estas pruebas se hallan en la Tabla 9. En el citado trabajo se comparó sorgo rolado en seco contra grano reconstituido; los novillos alimentados con sorgo reconstituido ganaron un 22% más que los que recibieron el cereal rolado en seco, y precisaron un 14% menos de alimento/unidad de ganancia.

Tabla 9. RENDIMIENTO DE NOVILLOS QUE SE ALIMENTAN CON SORGO ROLADO EN SECO O RECONSTITUIDO.

	Prueba, 141 d.		Prueba II, 135 d.	
	Rolado en seco	Reconstituido	Rolado en seco	Reconstituido
Número de novillos	24	24	24	24
Peso inicial medio (Kg)	267	264	267	267
Ganancia diaria media (Kg)	1.00 ⁽¹⁾	1.19 ⁽²⁾	0.83 ⁽³⁾	1.05 ⁽¹⁾
Consumo diario medio de alimento (Kg)	8.22 ⁽¹⁾	8.35 ⁽¹⁾	6.81 ⁽²⁾	7.33 ⁽³⁾
Alimentos/100 Kg de ganancia ⁽⁴⁾	821 ⁽¹⁾	702 ⁽²⁾	817 ⁽¹⁾	699 ⁽²⁾

(1,2,3) estas medias son significativamente diferentes.

(4) corregido al 90% de materia seca.

fuelle: Church (1974)

PELETIZADO.

El método del peletizado para cubicar el grano solo ó la porción entera de concentrado de la ración ha tomado importancia. Un estudio reportado por Neuman (1977), llevado a cabo en Oklahoma comparando peletizado contra rolado en seco en sorgo es resumido en la Tabla 10. Los resultados muestran que se requiere considerablemente de menos sorgo por unidad de ganancia cuando el sorgo fué peletizado en lugar de rolado en seco. La ventaja del peletizado puede ser mayor si es comparado con grano entero o finamente molido.

No han sido reportado estudios comparando grano peletizado contra métodos de procesamiento como el hojueleado a vapor o micronizado. Es previsible que los últimos métodos pueden ser comparables en valor alimenticio y con un costo significativamente menor.

EXPANSION EN AIRE SECO.

La expansión del grano en aire seco es otro método para el procesamiento de cereales. Neuman reporta los resultados obtenidos con cereales sometidos a este proceso.

Tabla 10. SORGO ROLADO EN SECO CONTRA PELETIZADO EN ALIMENTACION DE BECERRAS. ^a

	Rolado medio	Molido fino y Peletizado (3/8")
No de becerras por lote	9 ^b	10
Promedio de peso inicial (Kg)	226	226
Promedio de peso final (Kg)	375	380
Ganancia diaria media (Kg)	0.95	0.99
Consumo diario medio (Kg)		
Sorgo Rolado en Seco	5.43	-
Sorgo Peletizado	-	5.22
Pasta de sem. de algodón	0.68	0.68
Pélets de alfalfa deshid.	0.45	0.45
Ensilaje de sorgo	5.26	4.89
Mezcla mineral Z-1	0.05	0.03
Alim. req./100 unidades de ganancia (Kg)		
Sorgo	572	529
Pasta de sem de algodón	72	69
Pélets de alfalfa deshid.	48	46
Ensilaje de sorgo	554	496

^a Oklahoma Livestock Feeders Day Report.

^b Una becerro fué removida por enfermedad

fuelle: Neuman (1977)

El cereal fué rolado en seco para el grupo testigo, y para los animales en experimentación, se sustituyó un 40% de sorgo rolado en seco por grano expansionado en aire seco. Los resultados de la prueba aparecen en la Tabla 11. El consumo de alimento con sorgo expandido fué mucho menor que con el cereal rolado en seco; no obstante, las ganancias de peso fueron tan sólo ligeramente menores. Las necesidades de alimento se mejoraron casi en un 17%. En un segundo estudio, se compararon raciones totalmente concentradas que contenían sorgo hojueleado a vapor o expandido.

Las ganancias con el sorgo hojueleado fueron algo menores que con el cereal expandido; sin embargo, fueron idénticas las necesidades de alimento. El ganado que recibió sorgo hojueleado consumió menos alimento que el alimentado con sorgo expandido.

Tabla 11. EFECTO DE LA EXPANSION EN AIRE SECO DEL SORGO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL GANADO EN PERIODO DE CEBO (112 DIAS) ^a

	Rolado en Seco	Expandido
Ganancia diaria media (Kg)	1.206	1.156
Consumo diario medio (Kg)	8.2	6.6
Alim/100 Kg de ganancia	680	567

^a Peso inicial, 228 kg

fuelle: Church (1974).

Los resultados de una experiencia efectuada en California para comparar el trigo y sorgo expandidos en aire seco y tratados por cocción a presión durante 1.5 minutos a 3.51 Kg por cm² se encuentra en la Tabla 12 (Garrett, 1968; citado por Church, 1974). El trigo expandido proporcionó unas ganancias diarias algo mayores que el trigo cocido a presión y las necesidades de alimentos fueron ligeramente a favor del trigo expandido. Sin embargo, en el caso del sorgo las ganancias fueron iguales con el cereal expandido o cocido a presión. La digestibilidad fué similar con ambos tratamientos.

Tabla 12. COMPARACION DEL SORGO Y TRIGO EXPANDIDOS CON LOS MISMOS CEREALES COCIDOS A PRESION PARA FINALIZAR GANADO

	Exp. en aire seco		Cocción a presión ^a	
	Sorgo	Trigo	Sorgo	Trigo
Número de novillos	12	12	12	12
Peso inicial medio (Kg)	219	216.5	216	219.5
Ganancia diaria media (Kg)	1.16	1.21	1.17	1.14
Cons. diario de alimento (Kg)	6.84	6.75	6.97	6.43
Alim./100 Kg de ganancia (Kg)	590	554	600	568

^a Cocido a presión durante 1.5 min a 3.51 Kg/cm² y rolado

fuelle: Church (1974)

MICRONIZADO.

Aimone y Wagner., 1977; menciona en su revisión que los estudios dirigidos a investigar el efecto del procesamiento con calor seco de los granos de cereales han sido principalmente con sorgo. En general, éstos estudios indicaron mejora en la utilización. Otros autores reportaron que la digestión total del almidón fué similar para el sorgo hojueleado a vapor y micronizado.

En vista de que existe poca información relacionada al micronizado del trigo, Aimone y Wagner, (1977) realizó ensayos comparando el trigo bajo dos métodos de procesamiento siendo éstos micronizado y rolado en seco en raciones altamente concentradas, sobre el comportamiento, digestibilidad de la ración, y concentraciones ruminales de lactato y ácidos grasos volátiles en la finalización de ganado, algunos resultados se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. COMPORTAMIENTO DEL GANADO Y DATOS DE AGV PARA GANADO ALIMENTADO CON TRIGO PROCESADO (171 DIAS).

	Trigo Rolado Seco	Trigo Micronizado
Número de novillos	18	17
Peso inicial (Kg)	222	220
Peso final (Kg)	469	491
Cons. diario de alim. (Kg) ^a	7.16 ^d	7.81 ^e
Ganancia diaria (Kg) ^a	1.45 ^d	1.59 ^e
Alim/Kg de ganancia (Kg) ^a	4.95	4.92
pH ruminal	5.70 ^b	6.1 ^c
Total de AGV, µM/ml	116.9	106.0

^a Base Materia Seca

fuelle: Aimone y col (1977)

^{b,c} Valores con diferencia significativa (P<.05)

^{d,e} Valores con diferencia significativa (P<.01)

Neuman (1977) reporta un ensayo efectuado por Investigadores de Texas quienes formaron una cooperativa en explotación, en el cual corrales comerciales de engorda fueron utilizados para proporcionar al ganado una ración media-alta en concentrado conteniendo iguales niveles de materia seca de sorgo en forma de hojuela a vapor y el otro micronizado. El comportamiento de los novillos (Tabla 14) fué similar para las dos formas de sorgo, aunque ligeramente favoreciendo al hojueleado a vapor en la importante área de eficiencia alimenticia.

Tabla 14. SORGO MICRONIZADO Y HOJUELEADO A VAPOR EN RACIONES DE FINALIZACION DE GANADO.^a

	Método de Preparación	
	Hoja. a Vapor	Micronizado
Número de novillos	200	200
Días en alimentación	100	100
Peso inicial medio (Kg)	341	349
Ganancia diaria media (Kg)	1.35	1.43
Consumo diario medio (Kg)	10.90	11.40
Tasa alimento/ganancia	7.14	7.27

^a Adaptado de Texas Experiment Station Miscellaneous Reports.

fuelle: Neuman (1977)

EXTRUIDO.

Algunos trabajos sobre cereal extruido son citados por Church (1974), el primero de ellos fué llevado a cabo por la Estación de Colorado comparando maíz extruido contra el mismo cereal hojueleado a vapor y entero. Los resultados se muestran en la Tabla 15.

El segundo trabajo reportado (McLaren y col., 1970) comparó los mismos métodos de procesamiento bajo diferentes niveles de concentrado en la dieta (Tabla 16).

Los resultados de los dos trabajos fueron comparados, apreciándose pocas diferencias entre las ganancias diarias medias ó entre las necesidades de alimentos con los otros dos tratamientos. En el trabajo presentado en la tabla 16, el rendimiento de la ración que contenía el 85% de maíz hojueleado fué similar al de la ración que presentaba el 85% ó 95% de cereal extruido. La ración que contenía 95% de maíz entero proporcionó unos rendimientos casi idénticos a los de la ración con 85% de maíz hojueleado. Mencionan además que el sorgo también puede ser extruido.

Tabla 15. INFLUENCIA DEL MAIZ EXTRUIDO, HOJUELEADO Y ENTERO, SOBRE LA DIGESTION Y RENDIMIENTO EN FINALIZACION DE NOVILLOS (148 DIAS)^a

	Maíz		
	Hojueleado a vapor	Maíz Extruido	Maíz Entero
Peso inicial medio (Kg)	291	293	296
Ganancia diaria media (Kg)	1.34	1.37	1.38
Alimento diario medio (Kg)	9.31	9.63	10.53
Alim/100 Kg de ganancia (Kg)	697	704	762
Coefficientes de digestión			
Energía	72.80	70.10	62.10
Protéina	54.80	51.80	41.20

^a El maíz representó el 62% de las raciones.

fuelle: Church (1974)

Tabla 16. RENDIMIENTO DE NOVILLOS EN FINALIZACION ALIMENTADOS CON MAIZ EXTRUIDO, ENTERO Y HOJUELEADO A VAPOR (25 DIAS).

% de Concentración	Ext 95	Ent 95	Ext 85	Ext 75	Hoj. Vap. 85
Ganancia diaria media (Kg)	1.197	1.255	1.255	1.296	1.256
Consumo diario medio (Kg)	10.26	11.12	11.17	11.88	10.93
Alim/100 Kg de ganancia	856	887	889	917	879

fuelle: Church (1974).

TORREFACCION.

En referencia a éste método de procesamiento, la información sobre investigación es escasa; Church (1974) menciona alguna de ella, misma que corresponde a trabajos con maíz. La primera, de la Estación de Purdue, demostró usando una ración con el 55% de maíz, una mejora en las ganancias de peso del 14% como resultado del consumo de maíz tostado y molido, y una mejora del 9% en la cantidad de alimento/unidad de ganancia, realizando la comparación con animales que recibieron maíz molido. La tabla 17 proporciona resultados de la Universidad de Iowa comparado maíz desecado artificialmente, maíz húmedo o cosechado precozmente, y maíz torrefacto. El periodo de alimentación fué de 167 días, el maíz tostado mejoró un 9% las ganancias de peso (1.26 Kg contra 1.15 Kg) y las necesidades de alimento en un 7% (652 Kg contra 711 Kg) cuando se comparó con maíz desecado. En ambas comparaciones el maíz se consumió entero, sin embargo tuvo un comportamiento idéntico al maíz cosechado precozmente.

Tabla 17. MAIZ TORREFACTO PARA LA FINALIZACION DE NOVILLOS (167 DIAS) ^a.

	Torrefacto 5	Rico en Humedad 24	Desecado 11
Humedad del grano, %	5	24	11
Número de novillos	18	18	18
Peso inicial medio (Kg)	275.5	275.5	276.0
Ganancia diaria media (Kg)	1.26	1.26	1.15
Cons. diario de alim. (Kg) ^b	8.19	8.19	8.19
Alim/100 Kg de ganancia	652	652	711

^a 85% de cereal.

^b En base a Materia Seca.

fuelle: Church (1974).

MACERADO.

La información experimental sobre el macerado o humedecimiento de los cereales es bastante escasa dada la rusticidad del método, limitándose en lo particular a estudios citados por Church (1974).

Existen dudas sobre si mejora las propiedades nutritivas de los cereales, debido a la escasez de datos para demostrar la eficiencia de los cereales macerados. Investigadores demostraron que el sorgo macerado en agua no presentaba ventajas sobre el cereal molido en seco para finalización de novillos.

Un estudio sobre la digestibilidad demostró una posible ligera mejora en la utilización del sorgo macerado antes de molerlo para incluirlo en la ración de finalización. La mayor riqueza de nutrientes digestibles totales podría explicarse por la mejora en la digestibilidad del extracto libre de nitrógeno. Se apreció que el macerado en agua permitía una digestión mas rápida del almidón presente en los granos de sorgo.

ROLADO A VAPOR.

La utilización del tratamiento de rolado a vapor de los cereales ha sido prácticamente totalmente desplazada desde que éste método fué la base para el descubrimiento del hojueleado a vapor, que no es más que el perfeccionamiento del rolado.

La diferencia entre estos dos métodos consiste en la imposición de estándares de tiempo de sometimiento a vapor y el control del contenido de humedad final del cereal a hojuelearse.

Church (1974), cita los resultados de tres ensayos efectuados por la Estación de Arizona (Tabla 18), en las que se compara el sorgo rolado a vapor con el rolado en seco.

Tabla 18. COMPARACION DEL SORGO ROLADO A VAPOR CON EL ROLADO EN SECO PARA LA FINALIZACION DE NOVILLOS

	<u>Rolado en Seco</u>	<u>Rolado a Vapor</u>
Número de novillos	46	60
Días en alimentación	108	108
% de grano en la ración	53	53
Ganancia diaria media (Kg)	1.170	1.156
Cons. diario de alimento (Kg)	10.75	10.66
Alim/100 Kg de ganancia	920	944

fuelle: Church (1974).

Los resultados señalan que el cereal rolado a vapor no fué mas eficiente que el rolado en seco. Los niveles de grano utilizado en los experimentos anteriores no fueron tan altos como los que se incorporan hoy en día a las raciones. Los informes de experiencias dirigidas por otras Estaciones Experimentales en explotaciones de engorda intensiva en corrales han demostrado que este tratamiento con vapor mejora poco las ganancias o las necesidades de alimentos con relación al proceso de molienda convencional en seco.

HOJUELEADO A VAPOR.

El presente método de procesamiento de granos es sin duda el más estudiado por los Investigadores por su alta eficiencia, además es frecuentemente tomado como punto de comparación en la evaluación de los nuevos métodos que tienden a igualar o superar si acaso un poco al hojueleado, tratando de hacerlos viables por cuestiones de menores costos de procesamiento.

Ramírez (1983), realizó un estudio en el cual comparó la eficiencia del maíz hojueleado a vapor con maíz entero procesado a vapor y maíz entero. Los resultados de su ensayo de alimentación se muestran en la Tabla 19. El promedio de ganancia diaria fué mayor para novillos alimentados con maíz hojueleado a vapor que para maíz procesado a vapor y maíz entero. La conversión de materia seca a peso corporal fué mejorada para el maíz hojueleado a vapor sobre las otras dos dietas. La excreción fecal de almidón fué menor para novillos con maíz hojueleado a vapor que con maíz entero procesado a vapor y maíz entero. El maíz hojueleado a vapor y maíz entero procesado a vapor tuvieron una más rápida tasa de paso (31 hrs. y 28 hrs., respectivamente) a través del tracto digestivo que el maíz entero.

Tabla 19. COMPORTAMIENTO DE NOVILLOS ALIMENTADOS CON MAIZ ENTERO, MAIZ ENTERO PROCESADO A VAPOR Y MAIZ HOJUELEADO A VAPOR

	Método de Procesamiento del Maíz		
	Entero	Entero Proc a Vapor	Hojueleado a Vapor
Número de novillos	41	41	40
Días en alimentación	221	221	221
Peso inicial (Kg)	190	194	192
Peso final (Kg)	441	458	459
Consumo medio diario (Kg)	7.01 ^b	7.59 ^a	6.71 ^b
Ganancia diaria media (Kg)	1.25 ^b	1.31 ^a	1.33 ^a
Alim/100 Kg de ganancia	5.62 ^b	5.79 ^a	5.06 ^b

^{a, b} Medias en misma fila con diferencia significativa.

fuelle:Ramírez (1983).

Otro punto de éste método que ha sido frecuentemente objeto de estudio ha sido la evaluación de la eficiencia en la utilización del cereal con diferente densidad de hojuela. Zinn (1990) efectuó ensayos para evaluar la influencia de la densidad de la hojuela sobre el valor alimenticio del maíz hojueleado a vapor para ganado en engorda. Los tratamientos consistieron en maíz hojueleado a vapor a densidades medias de 0.42, 0.36 y 0.30 Kg/lt. En el experimento de comportamiento fueron evaluados los efectos de tratamiento en un ensayo de finalización de 112 días (Tabla 20).

Tabla 20. INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DEL MAIZ HOJUELEADO A VAPOR SOBRE EL COMPORTAMIENTO EN ENGORDA Y VALOR ESTIMADO DE ENERGIA NETA DE LAS DIETAS PROPORCIONADAS A NOVILLOS. ^a

	Densidad de la Hojuela		
	0.42	0.36	0.30
Peso inicial (Kg)	308	313	315
Peso final (Kg)	465	470	462
Ganancia de peso diaria (Kg)	1.40	1.39	1.32
Consumo materia seca diaria (Kg)	7.49	7.31	7.16
Conversión de materia seca	5.37	5.24	5.48
Energía neta de la dieta (Mcal/Kg)			
Mantenimiento	2.25	2.31	2.27
Ganancia	1.56	1.62	1.58

^a dietas 80% concentradas.

fuelle: Zinn (1990).

Hubo una tendencia para menor tasa y eficiencia de ganancia para novillos alimentados con el maíz de 0.30 Kg/lt. La disminución de la densidad de la hojuela resultó en un decremento lineal en el pH ruminal e incremento lineal en la digestibilidad postruminal y total del almidón. La disminución de la densidad del maíz hojueleado a vapor de 0.42 a 0.30 Kg/lt aumenta susceptiblemente la digestibilidad del almidón del cereal; sin embargo, la disminución de la densidad de la hojuela también puede bajar el pH ruminal, y consecuentemente el comportamiento del ganado puede no ser mejorado.

Otros Investigadores se han dedicado a experimentar con combinaciones de diferente densidad de la hojuela con niveles de forraje en la dieta, en base al efecto del forraje en la disminución de la acidosis.

Xiong y col. (1991) realizó experimentos tendientes a investigar los efectos del grado de procesamiento de hojueleado a vapor de grano de sorgo en el comportamiento del ganado en engorda, la utilización del almidón y las posibles interacciones con el nivel de forraje en la dieta.

Las densidades de hojuela probadas fueron 0.437, 0.360 y 0.283 Kg/lt; y los niveles de forraje fueron 9 y 18%. La Tabla 21 resume los efectos de la densidad de la hojuela en el comportamiento de los novillos. El grado de procesamiento (densidad de la hojuela) tuvo un efecto lineal en consumo de materia seca; el grado mas alto de procesamiento (menor densidad de la hojuela) tuvo el menor consumo de materia seca (9.80, 9.29 y 9.02 Kg/día para 0.437, 0.360 y 0.283 Kg/lt, respectivamente). El mayor efecto de la densidad de la hojuela se tuvo en eficiencia de ganancia a través del experimento, aunque fué mas pronunciada en las primeras fases.

Previas observaciones acordes a las presentes fueron hechas por otros autores que mostraron menor consumo de materia seca pero con uso mas eficiente del alimento en respuesta al procesamiento del grano, pero difieren de los resultados observados en un estudio donde se consumió maíz hojueleado a vapor (Zinn, 1990).

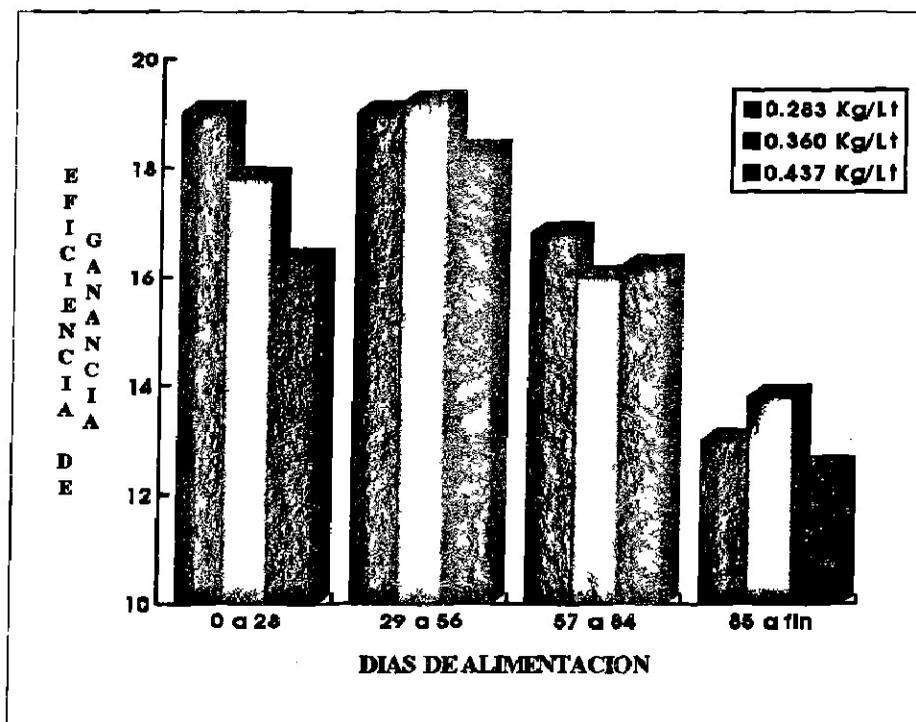
Tabla 21. EFECTO DEL HOJUELEADO A VAPOR DEL SORGO CON DIFERENTE DENSIDAD DE HOJUELA SOBRE GANANCIA MEDIA DIARIA, CONSUMO DE MATERIA SECA Y EFICIENCIA DE CONVERSION.

	Densidad de la hojuela (Kg/lt)		
	0.437	0.360	0.283
Ganancia diaria media (Kg)	1.540	1.530	1.530
Consumo de materia seca (Kg/día)	9.800	9.290	9.020
Eficiencia de conversión	6.360	6.070	5.890

fuelle: Xiong y col (1991).

La Figura 1 muestra la respuesta de eficiencia de ganancia por periodo para las tres densidades de hojuela. El más alto grado de procesamiento (0.283 Kg/lt) mejoró la eficiencia alimenticia 7.4% sobre el menor grado de procesamiento (0.437 Kg/lt).

Figura 1. EFICIENCIA DE GANANCIA (Kg DE GANANCIA/100 Kg DE MATERIA SECA CONSUMIDA) PARA DENSIDADES DE HOJUELA 0.437, 0.360 Y 0.283 Kg/Lt Y PERIODO DE ALIMENTACION.



fuelle: Xiong y col (1991)

Debido a que el mas alto grado de procesamiento dio la mejor eficiencia de ganancia, y porque la eficiencia de ganancia respondió a la densidad de la hojuela en forma lineal (Tabla 21), el grado óptimo de procesamiento del sorgo (expresado en densidad de la hojuela) podría ser igual ó menor que 0.283 Kg/lt.

Reportes previos de disminución del comportamiento animal causados por sobre procesamiento del grano incluyen al sorgo extruido y maíz expandido. Zinn y col (1990) reportó mejora en la digestibilidad del almidón pero una tendencia a menor respuesta del ganado con maíz hojueleado a vapor con un elevado grado de procesamiento (0.42 vs. 0.30 Kg/lt). El presente estudio no tuvo muestra de efecto de sobre procesamiento para hojueleado a vapor del grano de sorgo. En cuanto a nivel de forraje, como se esperaba debido al menor contenido de energía, los novillos alimentados con nivel mas alto de forraje (18%) tuvieron menor eficiencia de ganancia que los novillos alimentados con dietas de menor contenido de forraje (9%), (15.8 y 17.0 Kg de ganancia/100 Kg de alimento, respectivamente). Cuando se expresa como ganancia por unidad de concentrado, sin embargo, los novillos alimentados con 18% tendieron a ser mas eficientes que los alimentados con 9% de forraje en la dieta (19.6 vs. 19.3 respectivamente). Finalmente se incluye un análisis beneficio/costo el cual en resumen indica \$1.95 Dls. y \$25.18 Dls. más de ganancia por cada 1000 Kg de peso corporal ganados cuando se utiliza la densidad 0.283 comparada con 0.360 y 0.437 Kg/lt respectivamente.

En otra investigación Kreikemeier y col. (1990) llevó a cabo experimentos dirigidos a determinar el nivel óptimo de forraje para dietas de trigo hojueleado a vapor para finalizar novillos. En el experimento se utilizaron 126 novillos (334 Kg) alimentados durante 120 días con dietas de trigo hojueleado a vapor sin forraje ó conteniendo 5, 10 ó 15% de forraje (50% de heno de alfalfa y 50% de ensilaje de maíz). Los resultados se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. INFLUENCIA DEL FORRAJE EN UNA DIETA DE TRIGO HOJUELEADO A VAPOR SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE FINALIZACION DE NOVILLOS.

	FORRAJE %			
	0	5	10	15
Número de novillos	31	31	32	31
Peso final (Kg)	483	506	511	505
Ganancia diaria (Kg)	1.34	1.52	1.57	1.53
Consumo de materia seca (Kg/d)	8.58	9.00	9.12	9.24
Alimento/ganancia	6.41	5.93	5.81	6.05

fuelle: Kreikemeier y col (1990).

Los resultados indican que el consumo diario de materia seca aumentó linealmente conforme se aumentaba el nivel de forraje en la dieta, mientras que la ganancia diaria, alimento/ganancia y peso de la canal respondieron en forma cuadrática. Los novillos alimentados con 5 ó 10% de forraje tendieron a ganar más rápido, fueron más eficientes y tuvieron canales más pesadas que los novillos del tratamiento control o aquellos alimentados con 15% de forraje. En este experimento, la mejora en comportamiento del ganado cuando las dietas contenían 5 y 10% de forraje concuerda con los datos de Gill y col.(1981), quién reportó que las adiciones de forraje a dietas de maíz hojueado a vapor o maíz húmedo aumentaban la ganancia diaria y eficiencia alimenticia. Sin embargo, con un grano de digestión más lenta (grano de sorgo), se reportó que el ganado fué más eficiente cuando las dietas no contenían forraje. En este experimento, interesantemente el nivel de forraje no afectó la incidencia de abscesos hepáticos. La adición de pequeñas cantidades de forraje a dietas de trigo hojueado a vapor pueden mejorar el comportamiento mediante el incremento de la capacidad buffer ruminal ocasionada por la mayor producción de saliva.

Además de los anteriores, se han realizado ensayos de digestión comparando método de procesamiento y nivel de forraje en la ración; Cole y col. (1976), condujo un experimento dirigido a investigar la influencia de estos factores en dietas que contienen maíz hojueado a vapor y maíz roado en seco con niveles de 0 y 21% de forraje, evaluando principalmente el sitio y extensión de la digestibilidad de la materia seca y del almidón.

Las digestibilidades de la materia seca son presentadas en la Tabla 23. Los consumos de materia seca fueron mayores para los niveles altos de forraje sugiriendo que el agregar forraje mejora la palatabilidad de las raciones. Los consumos de materia seca, sin embargo, fueron similares para ambos métodos de procesamiento. El nivel de forraje no tuvo efecto significativo en gramos de materia seca digeridos en el rumen o intestino pero los gramos totales de materia seca fueron significativamente diferentes para raciones conteniendo 21% de forraje debido a mayores consumos de materia seca. Aunque los consumos fueron similares, las cantidades totales de materia seca digeridas fueron más altas con maíz hojueado a vapor que con maíz roado en seco. Los coeficientes de digestión totales de materia seca fueron significativamente mayores para maíz hojueado a vapor que para maíz roado en seco, y fueron mayores para las raciones concentradas respecto a las de 21% de cascarilla de algodón.

Los consumos de almidón fueron más altos en las raciones concentradas a pesar de los mayores consumos de materia seca en las raciones con 21% de forraje (Tabla 24). A pesar de que los consumos fueron similares, fueron digeridos alrededor de 600 grs. más de almidón diariamente en el rumen de los novillos alimentados con maíz hojueleado a vapor que de los alimentados con maíz rolado en seco. Sin embargo fué digerido mas almidón en el intestino con maíz rolado en seco, de este modo resulta en aproximadamente 250 grs. más de almidón digerido con maíz hojueleado a vapor. Entre las raciones con 0 y 21% de forraje, los gramos de almidón digeridos en el rumen e intestino no tuvieron diferencia significativa pero los gramos totales de almidón digeridos fueron mayores para las raciones concentradas debido, en parte, a los mayores consumos de almidón.

Tabla 23. INFLUENCIA DEL METODO DE PROCESAMIENTO DEL MAIZ Y NIVEL DE FORRAJE EN EL SITIO Y EXTENSION DE LA DIGESTION DE LA MATERIA SECA DEL MAIZ.

	Método de Proc. ^a		Nivel de Forraje %	
	H.V.	R.S.	0	21
Consumo (gr)	4844	4853	4358 ^B	5430 ^C
Desaparición (gr)				
Rumen	2980 ^B	2344 ^C	2624	2700
Intestino	999 ^b	1308 ^c	1022	1285
Total	3979 ^B	3652 ^C	3646 ^B	3985 ^C
Digestión (%)				
Rumen	62.0 ^B	48.9 ^C	60.3 ^b	50.6 ^c
Intestino	51.8	51.3	55.2	47.8
Total	82.6 ^B	75.8 ^C	83.7 ^B	74.7 ^C

^a H.V.=hojueleado a vapor

^a R.S.=rolado en seco.

^{b,c} Medias significativamente diferentes (P<.05).

^{B,C} Medias significativamente diferentes (P<.01).

fuelle: Cole y col (1976).

Tabla 24. INFLUENCIA DEL METODO DE PROCESAMIENTO DEL MAIZ Y NIVEL DE FORRAJE EN EL SITIO Y EXTENSION DE LA DIGESTION DEL ALMIDON DEL MAIZ.

	Método de proc ^a		Nivel de forraje %	
	H.V.	R.S.	0	21
Consumo (gr)	2632	2516	2675	2473
Desaparición (gr)				
Rumen	2410 ^B	1806 ^C	2192	2024
Intestino	196 ^B	547 ^C	396	347
Total	2606 ^b	2354 ^c	2588 ^b	2371 ^c
Digestión (%)				
Rumen	91.6 ^B	71.7 ^C	81.7	81.6
Intestino	88.4 ^B	76.2 ^C	85.5 ^B	79.1 ^C
Total	99.0 ^B	93.6 ^C	96.7 ^b	96.0 ^c

^a H.V.=hojueleado a vapor.

fuelle: Cole y col (1976).

^{b,c} R.S.=rolado en seco.

^{b,c} Medias significativamente diferentes (P.05).

^{B,C} Medias significativamente diferentes (P.01).

Los coeficientes de digestión ruminal no fueron afectados significativamente por el nivel de forraje pero los coeficientes de digestión del almidón en el intestino y totales fueron mayores para las raciones concentradas. Los bajos coeficientes de digestión total e intestinal de las raciones con 21% de forraje sugieren que el forraje suplementado en estas raciones puede haber estimulado el paso de la digesta a través del intestino y reducido el tiempo de digestión. Una tendencia similar fué observada previamente con raciones de maíz entero conteniendo 14% de cascarilla de algodón (Cole y col., 1976). Otros investigadores reportaron que el nivel de forraje (0 y 12% de ensilaje de maíz, base seca) no tuvo efecto aparente en el sitio y monto de la digestión de almidón cuando el maíz fué suministrado en forma entera ú hojueleado a vapor. La diferencia en la fuente de forraje y valor forrajero del ensilaje de maíz en comparación con la cascarilla de algodón puede ser una posible razón para éstas diferencias. Los coeficientes de digestibilidad ruminal, intestinal y total del almidón fueron todos mayores para las raciones de maíz hojueleado a vapor que para maíz rolado en seco. Esto indica que el almidón parcialmente gelatinizado es más apropiado para el ataque enzimático en el rumen e intestino.

RECONSTITUIDO.

La reconstitución de humedad a los granos de los cereales ha sido frecuentemente utilizada, principalmente con grano de sorgo. Un estudio a nivel comercial llevado a cabo por Investigadores de Texas es reportado por Neuman (1977) en el cual se comparó el sorgo reconstituido de dos formas contra sorgo hojueleado a vapor, es resumido en la Tabla 25. El ganado consumió menos sorgo entero reconstituido que fue rolado previo al consumo, mientras que fueron consumidas iguales cantidades de sorgo hojueleado a vapor y molido reconstituido.

La ganancia y eficiencia alimenticia fueron casi iguales en los lotes de novillos livianos, pero las dos formas de sorgo reconstituido fueron superiores cuando se proporcionaron a novillos más pesados. El reconstituir el grano en forma entera y posterior rolado redundó en las más eficientes ganancias y los costos de procesamiento fueron los más bajos. Los Investigadores de Oklahoma concuerdan con el estudio de Texas sólo mencionando respecto al tiempo en que el grano es reconstituido, éste puede ser procesado. En su ensayo comparando sorgo finamente molido, el sorgo reconstituido-molido resultó con un 11.6% de ganancia más rápida y un 9% de mejor eficiencia alimenticia, mientras que el sorgo molido-reconstituido resultó en un decremento de 1.8 y 3.5% en ganancia y eficiencia en comparación con el lote testigo de sorgo seco finamente molido. En otro estudio estos Investigadores determinaron que el sorgo que esta siendo reconstituido debe someterse a fermentación por al menos 20 días.

Xiong y col. (1990) realizó estudios para estimar la disponibilidad del almidón y degradación de proteína del grano de sorgo hojueleado a vapor y reconstituido a través de una técnica de producción de gas. En conclusión, los resultados de ésta investigación de ensayo digestivo indica que la disponibilidad estimada del almidón ruminal fué incrementada más por el hojueleado a vapor que por el reconstituido del sorgo. Los dos métodos de procesamiento tuvieron efectos opuestos en la estimación de degradación de proteína; el hojueleado a vapor disminuyó la degradación ruminal de la proteína, pero la reconstitución la incrementó. Estos resultados indican que ambos métodos de procesamiento mejoran el valor alimenticio del sorgo mediante diferentes mecanismos.

Tabla 25. EFECTO DEL METODO DE PROCESAMIENTO DEL SORGO PARA DOS PESOS DE NOVILLOS ALIMENTADOS CON RACIONES ALTAMENTE CONCENTRADAS a

METODO DE PROCESAMIENTO

	Hojueleado a Vapor		Reconstituido a Vapor		Reconstituido Molido	
	Novillos Ligeros	Novillos Pesados	Novillos Ligeros	Novillos Pesados	Novillos Ligeros	Novillos Pesados
Comportamiento del Ganado						
Número de Novillos	75	75	75	75	75	75
Peso inicial medio, Kg	300	356	303	366	302	369
Ración diaria media, Kg	9.81	10.35	9.40	9.85	9.90	10.44
Ganancia diaria media, Kg	1.28	1.39	1.28	1.47	1.24	1.51
Alimento/Ganancia, Kg	7.63	7.47	7.37	6.72	7.95	6.91
Costos de procesamiento, DLS b						
Costo por tonelada	\$ 1.81		\$ 1.54		\$ 1.93	
Inversión inicial por cabeza	\$ 8.89		\$ 9.14		\$ 5.18	
Costo anual por cabeza	\$ 207.00		\$ 175.00		\$ 220.00	

a Adaptado de Texas Experiment Station Miscellaneous Reports.

b Para el caso de un lote de capacidad de 20,000 cabezas a la vez con una tasa actual de cambio de 2.4 y un cargo de 8% de Interés

fuelle: Neuman (1977)

COSECHA PRECOZ.

Uno de los métodos de procesamiento más estudiados recientemente por los investigadores lo es el de la cosecha precoz de los cereales, llamado también grano húmedo.

Stock y col. (1987-c) realizó ensayos para evaluar el grano de sorgo cosechado precozmente y reconstituido en la finalización de novillos. Se utilizaron 108 novillos (319 Kg) alimentados con Grano de Sorgo Cosechado Precozmente (GSCP; 20% de humedad), Grano de Sorgo Reconstituido (GSR; 26% de humedad), Grano de Sorgo Rolado en Seco (GSRS) ó Maíz Rolado en Seco (MRS); los tratamientos de grano húmedo fueron ensilados en estructuras de oxígeno limitado y rolados previo a su suministro. Los novillos alimentados con GSR ó MRS tendieron a ganar más rápidamente, consumieron menos alimento y fueron más eficientes que los alimentados con GSCP (Tabla 26).

Tabla 26. EFECTO DEL METODO DE PROCESAMIENTO DE GRANO DE SORGO SOBRE EL COMPORTAMIENTO EN FINALIZACION DE NOVILLOS.

	Tratamiento ^a			
	GSRS	GSCP	GSR	MRS
Consumo diario (Kg)	9.00	9.87	9.00	8.87
Ganancia diaria (Kg)	1.42	1.42	1.52	1.48
Alimento/ganancia	6.34 ^c	6.95 ^d	5.92 ^c	5.99 ^c
DMSIV ^b , (%)	57.80 ^c	61.40 ^{c,d}	68.00 ^e	64.10 ^{d,e}

^a GSRS = Grano de Sorgo Rolado en Seco.

fuente: Stock y col (1987-c).

^a GSCP = Grano de Sorgo Cosechado Precozmente.

^a GSR = Grano de Sorgo Reconstituido.

^a MRS = Maíz Rolado en Seco.

^b DMSIV = Desaparición de Materia Seca In Vitro, medida a 18 Hr.

^{c,d,e} Medias significativamente diferentes (P<.10).

Los novillos que recibieron GSRS fueron más eficientes que los que fueron alimentados con GSCP, pero tendieron a ser menos eficientes que los alimentados con GSR ó MRS. La menor eficiencia del GSCP puede estar en función del insuficiente nivel de humedad al que fué cosechado el grano; literatura revisada por Stock y col (1991) menciona que para máxima mejora de la eficiencia alimenticia y digestión total del almidón, el grano de sorgo debe ser ensilado a niveles de humedad de al menos 28%. Los novillos alimentados con GSR se comportaron de manera similar a los que consumieron MRS.

Stock y col. (1991) llevó a cabo estudios entre los que destaca la evaluación de los efectos del almacenaje de maíz húmedo como grano entero y suministrado en forma entera a novillos. Fueron utilizados 168 novillos (392 Kg), los tratamientos fueron 1) Maíz Húmedo Entero (MHE); 2) Maíz Húmedo Rolado (MHR); 3) Maíz Rolado en Seco (MRS); 4) 50% MHE: 50% MHR; 5) 50% MHE: 50% MRS; y 6) 50% MHR: 50% MRS. Las dietas contenían 80.4% de grano, y el período de prueba fué de 113 días. Los resultados de comportamiento se resumen en la Tabla 27.

El consumo de materia seca no fué afectado consumiendo maíz húmedo entero ó rolado. La ganancia diaria y alimento/ganancia fueron mejoradas 7 y 8% respectivamente cuando el maíz húmedo se consumió rolado en comparación al entero. La digestibilidad total del almidón fué 9.1% mayor para el maíz húmedo rolado que para el maíz húmedo entero, lo cual explica la más alta eficiencia alimenticia observada con el maíz húmedo rolado.

Tabla 27. EFECTO DEL MAIZ HÚMEDO SUMINISTRADO ENTERO, ROLADO, O EN COMBINACION CON MAIZ ROLADO EN SECO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE NOVILLOS.

	Tratamiento ^a					
	MHE	MHR	MRS	50MHE 50MHR	50MHE 50MRS	50MHR 50MRS
Consumo de mat. seca (Kg)	10.55	10.37	10.24	10.55	10.06	10.00
Ganancia diaria media (Kg)	1.36	1.46	1.43	1.37	1.40	1.42
Alimento/ganancia	7.76	7.10	7.16	7.70	7.19	7.04
No. de abscesos hep. severos	0de21	1de21	0de21	1de20	3de21	1de21

^a MHE = Maíz Húmedo Entero; MHR= Maíz Húmedo Rolado;
MRS= Maíz Rolado en Seco;

fuelle: Stock y col (1991).

Las combinaciones de maíz húmedo entero, rolado ó maíz rolado en seco no afectaron el comportamiento del ganado. Estos resultados difieren con los resultados de Stock y col. (1987), quién encontró un 5 a 7% de mejora en eficiencia alimenticia cuando combinaba maíz húmedo con maíz seco entero ó rolado, ó con grano de sorgo rolado en seco. La respuesta de las mezclas de grano fué atribuida a una potencial reducción de acidosis subaguda y a una mejora en la digestión ruminal de un grano de digestión lenta.

PRESERVACION QUIMICA.

El método de preservación química de los granos cosechados precozmente ha sido utilizado con el fin de reducir los costos de almacenamiento de los cereales húmedos, ya que utilizando este procedimiento se les puede almacenar en instalaciones más económicas e incluso sólo sobre un cobertizo. Los datos resumidos en la Tabla 28, citados por Neuman (1977) muestran que el resultado de la preservación química (ó tratamiento ácido) del maíz es, cuando mucho, no mejor que el maíz seco y, más precisamente, en maíz es 5% menos aprovechable por el ganado de carne. Los promedios mostrados son de nueve ensayos realizados en los Estados de la Franja del Maíz de E.U., algunos de los cuales fueron llevados a cabo antes de que ésta técnica haya sido refinada y, en uno ó dos casos, los niveles de ácido utilizados pueden haber sido inadecuados para la preservación del producto. Algunos Investigadores esperan que el valor energético de los ácidos agregados pudiera ser recuperado como fuente de energía para el ganado pero datos preliminares no soportan esas ideas.

Tabla 28. MAÍZ HÚMEDO TRATADO CON ACIDO CONTRA MAÍZ HÚMEDO NO TRATADO EN RACIONES DE FINALIZACION ^a.

Reporte anual	Tratamiento	Maíz Húmedo sin tratar		Maíz Húmedo tratado	
		Ganancia diaria (Kg)	Alim/100Kg ganancia (Kg)	Ganancia diaria (Kg)	Alim/100Kg ganancia (Kg)
Indiana 1972	A ^b y P ^c	1.14	613	1.14	607
Indiana 1973	P	1.02	644	0.99	632
Indiana 1973	A y P	1.02	644	0.91	675
Iowa 1972	P	1.07	590	0.92	690
Illinois 1972	A y P	1.32	510	1.33	513
Nebraska 1973	A y P	1.38	640	1.29	680
Nebraska 1973	A y P	1.48	620	1.47	620
Nebraska 1973	A y P	0.92	920	0.84	1000
Nebraska 1973	A y P	0.98	870	0.88	1020
Promedio		1.15	672	1.09	715
% de cambio				-5.50	+6.40

^aIllinois Cattle Feeders' Day Report, 1972

fuelle: Neuman (1977).

^bAcido acético

^cAcido Propiónico

ENSILADO DE ESPIGAS.

El método de ensilado de espigas consiste principalmente en cortar y tritular las espigas completas de los cereales cuando contengan de 20 a 40% de humedad y posterior ensilado, moliendo ó rolando el producto para suministrarse al ganado. Neuman (1977) menciona algunas experiencias obtenidas utilizando éste método.

Para el caso del trigo Investigadores de Oklahoma cosecharon trigo entero al 23.4% de humedad y espigas completas de trigo al 28% de humedad. Almacenaron parte del grano de trigo entero húmedo en un silo con oxígeno limitado y trataron la otra parte con ácido propiónico como preservador antes de almacenarlo en un recipiente de madera. Las espigas contuvieron 63.9% de grano y 36.1% de forraje en base a materia seca. Las tres formas de trigo húmedo fueron comparadas con grano de trigo seco cosechado al 11% de humedad del mismo predio y proporcionado en forma rolada, para becerras durante 72 días. El trigo entero seco y húmedo fueron rolados y suministrados mientras que la espiga, cosechada con cortadora autopropulsada y cortada justo abajo de la espiga, fué molida con molino de martillos antes de ser ensilada en un silo con oxígeno limitado. Todas las raciones que contenían trigo entero fueron calculadas para que contuvieran 70% de trigo y 10% de forraje, mientras que la ración de espiga cortada contenía 95% de espigas de trigo y no se agregó forraje. Todas las raciones contenían aproximadamente cantidades iguales de proteína y otros aditivos. Los resultados se resumen en la Tabla 29.

Las becerras consumieron más espiga ensilada que de las tres formas de trigo rolado, pero, debido a que la espiga cortada contenía 36.1% de material forrajero, las ganancias fueron significativamente menores y fueron más ineficientes. Los técnicos de Oklahoma sugieren que la espiga cortada es más apropiada para ganado con acceso a pastoreo que para engorda. El trigo rolado preservado con ácido se comportó igual al trigo seco rolado; de ésta manera este método de preservar el trigo al parecer es factible.

En otro estudio utilizando espigas de sorgo, comparando las espigas húmedas molidas y grano de sorgo seco molido obtuvieron ganancias comparables y una significativa mejora en la eficiencia alimenticia de las espigas.

Respecto a la cebada, reportan que existen ventajas agronómicas para cosecharla a un 40% de humedad con cosechadora de forraje como cebada cortada triturada. El material se fermenta bien y es fácilmente consumido. Sin embargo, debido a que contiene 50% de grano y 50% de paja; la espiga de cebada es mejor para becerros con acceso a pastoreo que para raciones de finalización. Técnicos de Montana cosecharon cebada en cuatro formas, con sus respectivos resultados de digestibilidad de la materia seca en kilos por hectárea como sigue: ensilaje de planta entera, 3149.5; espigas cortadas, 2813.1; grano húmedo, 2269.4; y grano seco, 1974.3.

Tabla 29. TRIGO HUMEDO Y ESPIGAS DE TRIGO PARA FINALIZAR GANADO ^a.

	Forma de trigo y tratamiento			
	Trigo seco rolado en seco	Trigo húmedo silo con oxígeno limitado	Trigo húmedo preserv con ácido	Espigas de trigo
Número de becerras	12	12	12	12
Peso inicial medio (Kg)	313	316	317	316
Peso final medio (Kg)	400	407	403	393
Consumo diario medio (Kg) ^b	8.90	9.08	8.81	10.40
Ganancia diaria media (Kg)	1.21	1.28	1.21	1.05
Alimento/ganancia	7.38	7.29	7.56	9.94

^a Adaptado de Oklahoma Experiment Station Research Report MP-90,73

^b Expresado en base a 90% de materia seca.

fuelle: Neuman (1977).

DESCOMPRESION.

Se han hecho estudios de digestión de la materia seca efectuados dentro de bolsas de nylon, los cuales indican para el caso de grano de sorgo una alta digestibilidad. Además se menciona que este método se utiliza en la industria para la preparación de arroz y trigo hinchados, no especificando si sea para consumo humano ó animal. Church (1974) reporta uno de los pocos ensayos realizados utilizando este método de procesamiento, comparándolo con el hojueleado a vapor, ambos del grano de sorgo (Tabla 30).

Tabla 30. RENDIMIENTO DE NOVILLOS QUE RECIBEN SORGO DESCOMPRESIONADO Y HOJUELEADO A VAPOR.

	Hojueleado a vapor	Descomprimido
	Número de novillos	12
Ganancia diaria media (Kg)	1.37	1.31
Consumo diario medio (Kg)	7.92	7.92
Alimento/100 Kg de ganancia	580	601

fuelle: Church (1974).

El ensayo dirigido por Church (1974) consistió de raciones que contenían 60% de grano. El cereal descomprimido pesaba 0.130 Kg/lt y era rolado sin vapor para reducirlo de volumen; entonces pesaba 0.230 Kg/lt. El grano hojueleado a vapor pesaba 0.250 Kg/lt. No se apreciaron diferencias significativas en las ganancias de peso ni en las necesidades de alimento/unidad de ganancia en novillos que recibían sorgo descomprimido y hojueleado a vapor. Esto pone de manifiesto que es similar el valor nutritivo del sorgo descomprimido al del sorgo hojueleado a vapor.

COCCION A PRESION.

En relación al procesamiento de cereales bajo éste método, Church (1974), realizó la presente compilación de información citando primeramente a Figroid y col. (1969) quién realizó un ensayo de digestión con novillos, el cual no mostró diferencias en la digestibilidad de la energía del sorgo grano cocido a presión y hojueleado, con un peso de 0.527 Kg/lt en comparación con hojuelas de 0.387 Kg/lt. Además, los estudios de Erwin (1966) demostraron que la digestibilidad del sorgo mejoraba tanto aumentando la presión de cocción como la calidad de los copos.

Parece ser que la capacidad del molino de rodillos para tratar el cereal cocido a presión no es superior que para hojuelear a partir del cereal tratado a vapor. El valor nutritivo del sorgo cocido a presión parece ser similar al del cereal hojueleado a vapor. Las pruebas de digestión realizadas con novillos, utilizando sorgo cocido a presión, han demostrado que la digestibilidad del cereal cocido durante 1.5 minutos a una presión de 2.81 Kg/cm², y hojueleado posteriormente es similar a la del cereal hojueleado a vapor (Husted y col., 1968). En una comparación anteriormente citada (Tabla 12) el sorgo y trigo cocidos a presión mostraron un comportamiento ligeramente menor en cuanto a eficiencia alimenticia comparados contra los mismos cereales expandidos en aire seco.

La influencia que tiene la cocción a presión del maíz, sorgo y cebada sobre el rendimiento de novillos en engorda aparece en la Tabla 31. Al comparar todos estos cereales sometidos a dicho tratamiento con el cereal rolado en seco se apreció una mejora en las ganancias de peso y en las necesidades de alimento. La máxima mejora correspondió al sorgo.

Tabla 31. INFLUENCIA DE LA COCCION A PRESION DE LOS CEREALES SOBRE EL RENDIMIENTO DEL GANADO EN FINALIZACION

	Ganancia diaria media		Consumo diario medio ^a		Alimento/Kg de Ganancia de Peso ^a	
	R.S. ^b	C.P. ^c	R.S.	C.P.	R.S.	C.P.
Maíz	1.36	1.51	9.09	9.45	6.70	6.33
Sorgo	1.39	1.59	9.36	9.58	6.71	6.04
Cebada	1.42	1.52	9.20	9.21	6.52	6.11

^a En base a materia seca.

^b R.S.= Rolado en Seco.

^c C.P.= Cocido a Presión 1.41 Kg/cm² durante 1.5 min. y hojueleado

fuelle: Church (1974).

COMBINACIONES DE GRANOS.

Estudios recientes han sido dirigidos a evaluar raciones que contengan mezclas de granos, ya sea el mismo cereal procesado de diferente manera ó combinaciones de diferentes granos

Oltjen y col.(1966; citado por Axe y col. 1987) menciona que los animales alimentados con dietas que incluyen una combinación de granos ó el mismo grano con diferente tamaño de partícula tuvieron mas altas ganancias ó fueron más eficientes que aquellos que consumieron un solo grano o tamaño de partícula.

De la Cerda (1989) realizó ensayos de digestión de combinaciones de cereales molidos, tomando como base un mínimo de 50% de la fuente de grano compuesta por sorgo. Los resultados indicaron una mayor digestibilidad en la materia seca a 18 hrs de incubación para los tratamientos sorgo 60:trigo 40; sorgo 50:trigo 50; sorgo 70:trigo 30, sorgo 50:maíz 50; sorgo 60:avena 40; sorgo 50:avena 50; sorgo 80:maíz 20; sorgo 70:avena 30; sorgo 70:maíz 30; sorgo 60:cebada 40; el testigo sorgo 100 fué uno de los de más baja digestibilidad.

Neuman (1977) reporta un experimento llevado a cabo por la Estación de Kansas (Tabla 32), en la que se hizo una comparación de fuentes de grano en la ración de finalización de becerras, usando sorgo solo, una combinación de sorgo y maíz, maíz solo, y una combinación de sorgo, maíz y trigo. Todos los granos fueron molidos sin tratamiento de calor y fueron suministrados con un suplemento proteico de 0.45 Kg y 0.91 Kg de alfalfa.

Fué consumido algo de heno de pastos en los primeros 56 días. Las conclusiones generales fueron las siguientes: (1) la ración de sorgo molido produjo significativamente menores ganancias, (2) las adiciones de maíz en la ración mejoraron la tasa de ganancia y eficiencia alimenticia, (3) la adición de trigo no afectó el índice de ganancia pero mejoró la eficiencia alimenticia, (4) las mezclas de grano parecieron ser más aceptables para los animales durante un tiempo mayor, y (5) el grado y características de la canal no fueron afectadas por el tipo de grano en la ración.

Tabla 32. RESULTADOS DE FINALIZACION DE BECERRAS CON SORGO; SORGO Y MAIZ; MAIZ; O SORGO, MAIZ Y TRIGO (112 DIAS)^a.

No de becerras/lote	10	10	10	10	10	10
Grano (%)						
Sorgo	100	75	50	25	--	33
Maiz	--	25	50	75	100	33
Trigo	--	--	--	--	--	33
Peso inicial medio (Kg)	275.8	276.3	275.6	276.3	275.6	276.9
Peso final medio (Kg)	407.2	425.2	429.0	429.7	424.5	424.9
Ganancia diaria (Kg)	1.17	1.33	1.41	1.37	1.33	1.32
Consumo diario medio (Kg)						
Grano	7.71	7.99	7.95	7.35	7.35	7.54
Suplemento	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Heno de alfalfa	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Heno de pasto	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Alim/100 Kg de ganancia (Kg)						
Grano	658	600	565	538	553	570
Suplemento	39	34	32	33	34	34
Heno de alfalfa	77	68	65	66	68	69
Heno de pasto	67	59	56	57	59	59

^a Kansas Livestock Feeders Day Report.

fuelle: Neuman (1977).

Stock y col. (1987-a), efectuó ensayos dirigidos a determinar los efectos de las mezclas de maíz húmedo y maíz seco para finalizar novillos. El maíz húmedo fue molido y ensilado, el maíz seco se consumió entero ó rolado. Las dietas contenían 80% de grano, 10% de ensilaje de maíz y 10% de suplemento. El peso medio inicial de los novillos fué de 361 Kg y el período de prueba fué de 132 días. Las Tablas 33 y 34 muestran los resultados de estas pruebas.

Tabla 33. EFECTO DEL CONSUMO DE MEZCLAS DE MAIZ HÚMEDO Y MAIZ SECO ENTERO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE NOVILLOS.

	MAIZ HUMEDO		MAIZ ROLADO EN SECO	
	100:0	67:33	33:67	0:100
0 - 24 días				
Consumo diario (Kg)	7.40	7.17	7.71	7.62
Ganancia diaria (Kg)	1.44	1.64	1.72	1.63
Alimento/ganancia	5.14	4.37	4.48	4.67
0 - fin del ensayo				
Consumo diario (Kg)	7.14	6.75	7.38	7.23
Ganancia diaria (Kg)	1.05	1.17	1.23	1.10
Alimento/ganancia	6.80	5.77	6.00	6.57
Efecto asociativo (%)		17.90	11.40	

fuelle: Stock y col (1987-a)

En comportamiento total, los novillos alimentados con mezclas de maíz húmedo y maíz seco entero ganaron mas rápida y eficientemente que los que consumieron un solo tipo de grano. Este ensayo concuerda con los resultados de otros investigadores, y demostraron un efecto asociativo positivo entre maíz húmedo y maíz seco entero. Los novillos alimentados con 33% de maíz húmedo y 67% de maíz seco entero consumieron más alimento pero tendieron a ganar menos eficientemente que los alimentados con 67% de maíz húmedo y 33% de maíz seco entero. El nivel óptimo de M.H.: M.S.E. puede estar alrededor de la relación 67:33.

Tabla 34. EFECTO DEL CONSUMO DE MEZCLAS DE MAIZ HÚMEDO Y MAIZ ROLADO EN SECO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE NOVILLOS.

	MAIZ HUMEDO		MAIZ ROLADO EN SECO	
	100:0	67:33	33:67	0:100
0 - 21 días				
Consumo diario (Kg)	8.27	9.32	9.41	9.55
Ganancia diaria (Kg)	1.39	1.71	1.81	1.79
Alimento/ganancia	6.06	5.49	5.29	5.24
0 - fin del ensayo				
Consumo diario (Kg)	9.18	9.55	9.86	10.05
Ganancia diaria (Kg)	1.45	1.50	1.46	1.44
Alimento/ganancia	6.33	6.41	6.71	6.90
Efecto asociativo (%)		1.50	-0.20	

fuelle: Stock y col (1987-a).

Durante los primeros 21 días del ensayo, conforme el porcentaje de maíz rolado en seco aumentaba; el consumo diario, la ganancia diaria y la tasa alimento/ganancia mejoraron linealmente. Sin embargo las ventajas en alimento/ganancia y ganancia diaria fueron perdidas durante el resto del período de alimentación. Durante el período completo de alimentación, el consumo diario se incremento linealmente, conforme el porcentaje de maíz rolado en seco aumentaba en la dieta. Los novillos que consumieron 67% MH y 33% MRS tendieron a ganar más rápido, pero esto no fué significativo. La digestibilidad aparente de la materia seca, del almidón, y la digestibilidad de la fibra ácido detergente fueron mayores para la dieta de 100% MH en todas las mediciones.

Stock y col. (1991) dirigió varios ensayos en los que se consumieron mezclas de maíz húmedo molido con sorgo rolado en seco. El nivel de grano en la dieta fué de 80%, los novillos promediaron 328 Kg, y la prueba duró 129 días. Los tratamientos fueron: 100% MH; 67% MH: 33% SRS; 100% SRS; 100% MRS. La Tabla 35 resume los resultados de este ensayo.

Tabla 35. FINALIZACION DE NOVILLOS ALIMENTADOS CON MAIZ HÚMEDO O SORGO ROLADO EN SECO SOLOS O EN COMBINACION.

	TIPO DE MAIZ HUMEDO ^a							
	Bunker 27.2		Bolsa 27.6		Bolsa 36.3		SRS	MRS ^b
	M.H. : S.R.S ^b		M.H. : S.R.S ^b		M.H. : S.R.S ^b			
100:0	67:33	100:0	67:33	100:0	67:33			
Comportamiento en engorda								
Cons. M.S./d Kg	9.23	9.49	9.81	9.13	8.42	9.10	9.80	9.26
Gan. diaria Kg	1.50	1.45	1.60	1.51	1.49	1.58	1.39	1.59
Alim/gan.	6.10	6.45	6.10	6.02	5.62	5.75	7.04	5.81
Cons. de almidón (Kg), y digestibilidad (%)								
Consumo día 5	5.55	5.64	5.64	5.39	4.96	5.84	6.36	6.54
Consumo día 21	4.20	4.57	4.26	4.26	3.82	4.58	5.19	4.64
Consumo día 63	6.76	6.36	6.54	6.11	5.05	5.80	6.30	6.14
Digestibilidad	97.8	94.3	94.9	93.0	97.6	94.1	85.4	92.8

Bunker 27.2= Almacenado en un bunker al 27.2% de humedad; Bolsa 27.6= Almacenado en un silo y cubierto con plástico al 27.6% de humedad; Bolsa 36.3= Almacenado en un silo y cubierto con plástico al 36.3% de humedad.

^b MH= Maíz Húmedo; SRS= Sorgo Rolado en Seco; MRS= Maíz Rolado en Seco.

fuelle: Stock y col (1991).

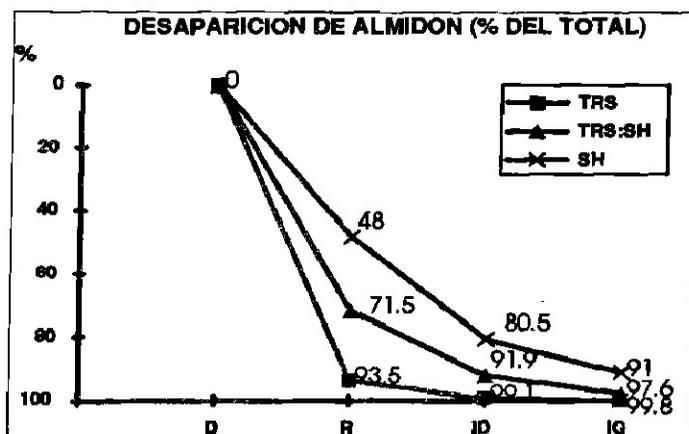
La eficiencia de conversión mostró una tendencia a respuesta cuadrática con la mezcla de MH y SRS, siendo 3.2% más eficiente que lo previsto (efecto asociativo) utilizando los promedios de 100% MH y 100% SRS, lo cual es ligeramente menor que el 5 a 7% reportado por Stock y col. (1987-a,b). Los novillos alimentados con Bolsa 36.3 MH fueron más eficientes que los alimentados con Bolsa 27.6 MH como resultado de un menor consumo de materia seca y ganancia similar de peso.

La respuesta de alimento/ganancia concuerda con los resultados de otras investigaciones comparando MH cosechado al 24% ó 31% de humedad. El maíz cosechado a un más alto nivel de humedad puede haber experimentado una mayor cantidad de fermentación durante el ensilado, resultando en mayor solubilización de los nutrientes y, por lo tanto, mayor digestibilidad. Los novillos alimentados con MRS tendieron a consumir menos alimento, ganar más rápido y fueron más eficientes que los alimentados con SRS. El SRS fué utilizado 17.4% menos eficientemente que el MRS, y la digestión total del almidón fué menor para el SRS que para MRS. La magnitud de la diferencia en eficiencia alimenticia entre MRS y SRS fué mayor que otra reportada (Hale y Prouty, 1980; Brethour, 1984; Riley, 1984). En otro estudio comparando maíz húmedo entero y maíz rolado en seco no se encontraron efectos asociativos.

Perry (1976 citado por Axe y col. 1987), afirma que el comportamiento del ganado alimentado con sorgo cosechado con alta humedad, se mejoró comparado con el ganado alimentado con sorgo rolado en seco. Axe y col. (1987) continúa citando que es posible suministrar trigo, un grano de rápida y extensa digestión (Fulton y col., 1979), con grano de sorgo húmedo para optimizar la utilización del almidón y mejorar el comportamiento del ganado.

Axe y col. (1987) llevó a cabo combinaciones de alimentación utilizando sorgo húmedo (SH) y trigo rolado en seco (TRS) en dietas 80% concentradas, con novillos alimentados durante 121 días. Los tratamientos fueron: TRS; 67 TRS: 33 SH; 33 TRS:67 SH; y SH. Se realizaron pruebas de digestión de almidón en el rumen, intestino delgado, intestino grueso y total con tratamientos TRS, 50 TRS:50 SH y SH (Figura 2).

Figura 2. EXTENSION DE LA DESAPARICION DEL ALMIDON (PORCENTAJE DEL TOTAL) CON DIETAS DE TRIGO ROLADO EN SECO, 50 TRS:50 SH, Y SORGO HÚMEDO.



D=Dieta, R=Ruminal, ID=Intestino Delgado, IG=Intestino Grueso
fuente:Axe y col (1987)

La digestión ruminal, del intestino delgado, intestino grueso y total del tracto para el almidón (% consumo) fué 93.5, 5.6, 0.7 y 99.8; 71.5, 20.4, 5.7 y 97.6; y 48.0, 32.5, 10.5 y 91.0 para las dietas TRS, TRS:SH y SH, respectivamente. La digestión total del almidón en el tracto (% de lo consumido) fué 8.8 y 6.8 mayor para las dietas TRS y TRS:SH, respectivamente, lo cual sugiere limitaciones en la utilización del SH. Los resultados de la prueba son resumidos en la Tabla 36.

Tabla 36. EFECTO DE LA DIETA SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE NOVILLOS ALIMENTADOS CON SORGO HÚMEDO, TRIGO ROLADO EN SECO Y COMBINACIONES.

	DIETA ^a			
	TRS	67TRS:33SH	33TRS:67SH	SH
Número de novillos	48	48	48	52
Ganancia diaria media (Kg)	1.32 ^b	1.33 ^b	1.30 ^b	1.16 ^c
Consumo diario medio (Kg)	7.61 ^d	7.98 ^d	8.85 ^e	9.07 ^e
Alimento/ganancia	5.78 ^d	6.03 ^d	6.86 ^e	7.83 ^f

^a TRS= Trigo Rolado en Seco; SH= Sorgo Húmedo.

fuelle: Axe y col (1987)

^{b,c} Medias significativamente diferentes (P<.05).

^{d,e,f} Medias significativamente diferentes (P<.01).

Las tasas de ganancia de los novillos alimentados con dietas de trigo rolado en seco y combinaciones fueron similares, con novillos alimentados con la dieta de sorgo húmedo se tuvieron las más lentas ganancias. El consumo de alimento fué más bajo con las dietas TRS y 67 TRS:33 SH. Sin embargo estas mismas dietas fueron utilizadas más eficientemente que las 33 TRS:67 SH ó 100%SH. Estos resultados muestran que las dietas TRS y combinaciones fueron superiores a la dieta SH, con pequeña influencia en el comportamiento de novillos por la sustitución parcial de sorgo por trigo. Estos descubrimientos apoyan el valor de la optimización del sitio y extensión de la digestión, mostrando que para una tasa de ganancia, las dietas combinadas son diferentes de los promedios de las dietas TRS y SH suministradas individualmente, representando un efecto asociativo positivo.

Tabla 37. EFECTO DEL CONSUMO DE MEZCLAS DE MAIZ HÚMEDO Y SORGO ROLADO EN SECO DATOS RESUMIDOS^a

	MAIZ HÚMEDO : SORGO ROLADO EN SECO			
	100:0	75:25	50:50	0:100
0 - 28 días				
Consumo diario (Kg)	9.40	9.15	9.35	9.42
Ganancia diaria (Kg)	1.47	1.53	1.51	1.41
Alimento/ganancia	6.33	5.88	6.10	6.49
Periodo completo				
Consumo diario (Kg)	9.32	9.31	9.53	10.07
Ganancia diaria (Kg)	1.32	1.36	1.36	1.29
Alimento/ganancia	7.04	6.71	6.99	7.75
Efecto asociativo (%)		7.40	5.50	

^a Ensayo 1, tratamientos 1,2,3 y 5; ensayo 2, todos los tratamientos; ensayo 4, tratamientos 1,5,6 y 7.

fuelle: Stock y col (1987-b).

Finalmente Stock y col. (1987-b) realizó pruebas de comportamiento tendientes a determinar como los novillos podrían responder a dietas que contengan combinaciones de maíz húmedo (MH) y sorgo rolado en seco (SRS). La Tabla 37, presenta datos resumidos de 3 de los experimentos realizados en esta investigación.

Durante el periodo inicial de adaptación, los novillos que fueron alimentados con combinaciones de MH y SRS consumieron menos alimento, tendieron a ganar más rápido y fueron más eficientes que los alimentados con MH ó SRS. A través del ensayo entero, los novillos alimentados con combinaciones de MH:SRS ganaron más rápido y más eficientemente que aquellos que consumieron únicamente MH ó SRS. El proporcionar una dieta combinando MH y SRS mejoró la eficiencia alimenticia de 5.5 a 7.4%.

Tabla 38. EFECTO DEL CONSUMO DE MEZCLAS DE MAIZ HÚMEDO CON MAIZ ROLADO EN SECO O SORGO ROLADO EN SECO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE NOVILLOS.

	TRATAMIENTO ^a						
	MH	MH : MRS			MH : SRS		
	100:0	75:25	50:50	0:100	75:25	50:50	0:100
0 - 28 días							
Consumo diario (Kg)	10.29	9.51	9.82	9.53	9.70	9.88	10.03
Ganancia diaria (Kg)	2.00	2.00	2.22	2.23	2.09	1.98	2.00
Alimento/ganancia	5.24	4.76	4.46	4.31	4.72	5.03	5.08
Periodo completo							
Consumo diario (Kg)	10.65	10.42	10.46	10.59	10.61	10.84	11.07
Ganancia diaria (Kg)	1.64	1.68	1.67	1.66	1.66	1.66	1.58
Alimento/ganancia	6.45	6.17	6.25	6.37	6.37	6.49	6.94
Efecto asociativo (%)		4.20	2.60		3.10	3.00	

^a MH= Maíz Húmedo; MRS= Maíz Rolado en Seco; SRS= Sorgo Rolado en Seco.

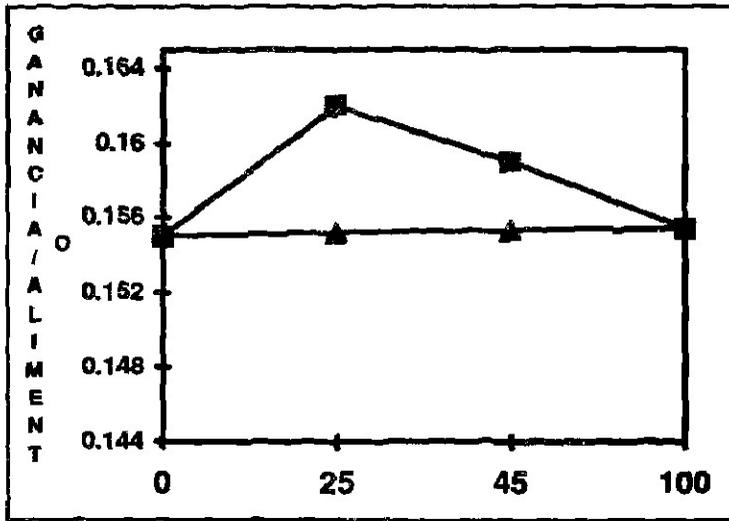
fuelle: Stock y col (1987-b).

En otro de los ensayos realizados, fueron evaluadas las siguientes dietas: maíz húmedo 100%; maíz húmedo, maíz rolado en seco (75:25, 50:50 y 0:100); maíz húmedo, sorgo rolado en seco (75:25, 50:50 y 0:100). Los resultados de esta prueba de comportamiento se muestran en la Tabla 38.

Los novillos que consumieron mezclas de maíz húmedo y maíz rolado en seco ó maíz húmedo y sorgo rolado en seco tuvieron similares ganancias y eficiencia alimenticia a través del ensayo. Durante los primeros 28 días, los novillos que fueron alimentados con 25 a 100% de SRS tendieron a consumir más alimento que los novillos alimentados con 25 a 100% de MRS. Hubo una interacción entre fuente de grano seco (MRS y SRS) y el nivel de grano seco consumido para ganancia diaria y eficiencia alimenticia.

El comportamiento global indicó que los novillos alimentados con 25 a 100% de MRS consumieron menos alimento y fueron más eficientes que los alimentados con SRS. Numéricamente, los novillos alimentados con 25 a 100% de MRS ó 25% de SRS fueron iguales en consumo de alimento, ganancia diaria y eficiencia alimenticia. El efecto asociativo positivo concuerda con los resultados de los ensayos reportados en la Tabla 37, y los resultados de Stock y col. (1987-a). Fué observada una ligera disminución en eficiencia alimenticia con novillos alimentados con 50% de SRS. Cuando los valores observados (Figuras 3 y 4) son comparados con los valores esperados, los novillos alimentados con 25 o 50% de MRS ó 25 o 50% de SRS fueron 4.2, 2.6, 3.1 y 3.0% más eficientes respectivamente, que lo esperado. Al parecer el nivel óptimo de MRS para eficiencia alimenticia es aproximadamente de 25 a 50%, y el nivel óptimo de SRS para eficiencia alimenticia es aproximadamente de 25%.

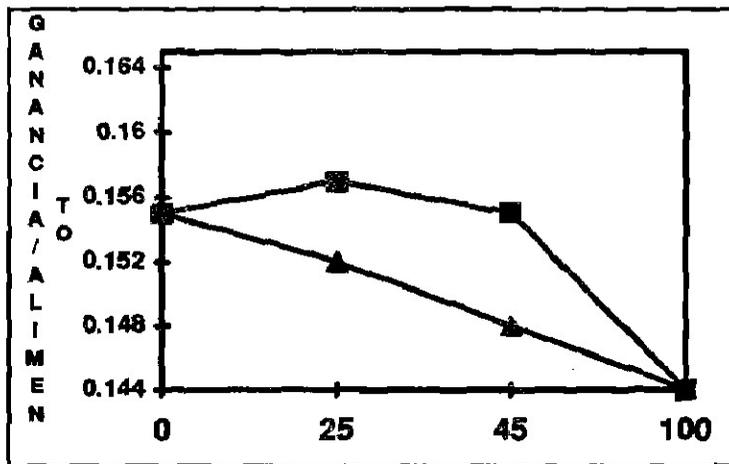
Figura 3. EFECTO DE SUMINISTRAR MAIZ HUMEDO Y MAIZ ROLADO EN SECO SOBRE LA TASA DE GANANCIA/ALIMENTO; (■) OBSERVADA, (▲) ESPERADA.



MAIZ ROLADO EN SECO %

fuelle: Stock y col (1987 b)

Figura 4. EFECTO DE SUMINISTRAR MAIZ HÚMEDO Y SORGO ROLADO EN SECO SOBRE LA TASA GANANCIA/ALIMENTO; (■) OBSERVADA, (▲) ESPERADA.



SORGO ROLADO EN SECO %

fuelle: Stock y col (1987 b)

RESUMEN.

En el presente apartado, se harán comentarios por tipo de cereal. Mencionando la eficiencia alimenticia obtenida en cada método de procesamiento como criterio de efectividad de los mismos.

MAIZ.

Es el cereal más utilizado e investigado en los E.U.; se le ha procesado prácticamente por todos los métodos existentes, en los que ha demostrado ser un grano que produce excelentes comportamientos en la finalización de ganado de carne.

El método de hojueleado a vapor resultó ser el que presentó las mejores tasas de conversión en los estudios en que fué comparado; respecto a la densidad del hojueleado, el de 0.360 Kg/lit parece ser el más eficiente de acuerdo a los resultados obtenidos por Zinn (1990).

Otros métodos de procesamiento que también pueden ser considerados como eficientes para el tratamiento de éste cereal, lo son el extruido, cosechado precozmente, torrefacto e inclusive el rolado en seco, éste último funciona especialmente cuando las dietas contienen niveles bajos de concentrado (50 a 60%). No fueron encontrados resultados de métodos como expansión en aire seco, micronizado y cocción de éste grano, sin embargo, en base a resultados revisados en otros granos, podrían también ser mencionados como satisfactorios.

SORGO.

Este cereal es sin duda el que presenta mayor respuesta al procesamiento. La investigación y utilización del grano de sorgo sigue en aumento actualmente, aunque se ha comprobado que éste cereal no es de por sí la mejor fuente, la investigación se ha abocado a mejorar su potencial principalmente mezclándolo con otros granos.

Para el caso del sorgo el tratamiento de hojueleado a vapor proporcionó de manera general la mejor tasa de eficiencia alimenticia, además, con densidad de la hojuela de 0.283 Kg/lit se obtuvieron los mejores resultados (Xiong y col., 1991).

El sorgo es un grano que al igual que el maíz ha sido sometido a la mayoría de los métodos de procesamiento, entre los cuales sobresalen (además del hojueleado a vapor) el micronizado, la expansión en aire seco, el reconstituido, y la descompresión de éste cereal. Otro método que proporciona buenas expectativas es el rolado en seco siempre y cuando se suministre en la dieta en combinación con otro grano procesado con alta humedad.

TRIGO.

A medida que se incrementan los excedentes de producción de éste cereal, su utilización en la finalización del ganado aumenta directamente. Debido a que la disponibilidad de éste grano puede estar sujeta tanto en precio como en volumen, su utilización en la industria ganadera no es tan amplia comparado con el maíz ó sorgo. Sin embargo el trigo es un cereal que ha demostrado un alto potencial que los coloca como uno de los mejores alimentos para el ganado. Aimone y Wagner (1977); demostró en sus estudios que contra la creencia popular, las raciones de finalización altas en trigo pueden ser suministradas exitosamente sin causar pobre comportamiento y disturbios digestivos, incluyendo acidosis.

Los métodos de procesamiento que de acuerdo a la literatura revisada presentaron mejor comportamiento lo son el hojueleado a vapor , la cosecha precoz (grano húmedo), la cocción a presión y hojueleado, la expansión en aire seco, y el rolado en seco. No obstante, la respuesta del trigo al tratamiento es menos pronunciada que para el caso del sorgo.

CEBADA.

La cebada, como se mencionó anteriormente, es un cereal de limitado empleo en la alimentación del ganado; motivo por el cual la investigación sobre su procesamiento es un tanto escasa. Los pocos resultados encontrados sobre la efectividad de éste cereal incluyen tratamientos como cocción a presión y hojueleado, hojueleado a vapor, rolado a vapor, rolado en seco, molido, cosecha precoz y reconstituido; siendo al parecer el primero de ellos el que resultó en mejor aprovechamiento. Sobre el resto de los métodos, los resultados, encontrados prácticamente en forma aislada no mostraron una tendencia clara que permitiera calificarlos adecuadamente.

AVENA.

Este cereal es el que en menor proporción es utilizado para la finalización del ganado ya sea por su alto precio, menor disponibilidad en el mercado, baja densidad o alto contenido en fibra. Se encontraron datos que indican que es utilizado como suplemento para ganado caballar. Dentro del renglón de procesamiento sólo se ubicaron datos sobre molido y rolado en seco, sin que alcanzaran un grado de significancia en comparación con otros cereales suministrados individualmente. En base a observaciones de algunos investigadores, pudiera suministrarse en combinación con otros granos como fuente de fibra y por contener, relativamente mejor calidad de proteína.

En la Tabla 39 se visualiza un resumen comparativo de la efectividad de los diferentes métodos de procesamiento de granos, donde es importante hacer la observación de que los datos no son cien por ciento confiables dada la amplia variabilidad en porcentaje de concentración de granos en las dietas, uso de diferentes anabólicos en las mismas y fuentes de fibra, la diferencia en la época en que los trabajos fueron llevados a cabo así como el número de datos disponibles sobre cada tratamiento. Haciendo a un lado estos factores, en el rubro de eficiencia de conversión, el Maíz resultó mas bajo con el método de Quebrado (5.29) sólo que su confiabilidad es discutible (un solo dato), seguido por el Hojueleado a Vapor (5.99) con cinco datos. El Sorgo presentó la mayor eficiencia de conversión cuando fué procesado por el método de Expansión en Aire Seco (5.79), seguido por Descomprimido (6.01) y Cocido a Presión (6.02). Para el caso de Trigo se observó la máxima eficiencia por el método de Micronizado (4.92) soportado por un solo dato, seguido por el de Expansión en Aire Seco (5.54) también con un solo dato. Sobre el grano de Cebada sólo se encontró procesado por tres métodos con poca confiabilidad debido a la misma escasez de datos; Cocción a Presión (6.11) y Rolado en Seco (6.52).

Respecto al parámetro de ganancia diaria en el caso del Maíz fueron tres los valores mas altos: Quebrado (1.56), Cocido a Presión (1.51) y Rolado en Seco (1.50), donde sólo el último puede ser confiable por ser promedio de cinco repeticiones. El grano de Sorgo proporcionó mayores ganancias diarias de peso cuando fué procesado por Micronizado (1.43) y Hojueleado a Vapor (1.41), este último fué el promedio de ocho datos. El comportamiento del grano de Trigo resultó en mayores aumentos diarios de peso cuando se procesó por Micronizado (1.59) y Hojueleado a Vapor (1.49), el primer dato no brinda confiabilidad debido a que es resultado de una sola prueba. Por último la Cebada brindó en eventos aislados muy altas ganancias diarias de peso: Cocido a Presión (1.52) y Rolado en Seco (1.42).

Tabla 39. RESUMEN DE DATOS RECOPIADOS SOBRE EFECTIVIDAD Y COMPORTAMIENTO DE LOS DIFERENTES METODOS DE PROCESAMIENTO DE GRANOS.

TRATAMIENTO	EFICIENCIA DE CONVERSION				GANANCIA DIARIA (Kg)			
	MAIZ	SORGO	TRIGO	CEBADA	MAIZ	SORGO	TRIGO	CEBADA
MOLIDO	8.92 (4)	-	7.09 (2)	10.53 (3)	1.13	-	1.23	0.93
MAZORCA MOL QUEBRADO	7.89 (5)	-	-	-	1.06	-	-	-
ROL EN SECO	5.29 (1)	-	-	-	1.56	-	-	-
PELETIZADO	6.41 (5)	7.86 (11)	6.26 (4)	6.52 (1)	1.50	1.24	1.30	1.42
EXPANDIDO	-	11.40 (1)	-	-	-	0.99	-	-
MICRONIZADO	-	5.79 (2)	5.54 (1)	-	-	1.16	1.21	-
EXTRUIDO	-	7.27 (1)	4.92 (1)	-	-	1.43	1.59	-
TORREFACTO	8.87 (3)	7.04 (1)	-	-	1.25	1.37	-	-
MACERADO	6.52 (1)	-	-	-	1.26	-	-	-
ROL. A VAPOR	-	-	-	-	-	-	-	-
HOJ. A VAPOR	-	9.44 (1)	-	-	-	1.16	-	-
RECONSTITUIDO	5.99 (5)	6.66 (8)	6.05 (4)	-	1.34	1.41	1.49	-
COS. PRECOZ	-	6.98 (7)	-	-	-	1.32	-	-
PRES. QUIMICA	6.60 (10)	7.39 (2)	7.29 (1)	-	1.40	1.29	1.28	-
ENS. ESPIGAS	7.15 (1)	-	7.56 (1)	-	1.09	-	1.21	-
DESCOMPRIM.	-	-	9.94 (1)	-	-	-	1.05	-
COCCION A PRES	-	6.01 (1)	-	-	-	1.31	-	-
	6.33 (1)	6.02 (2)	5.68 (1)	6.11 (1)	1.51	1.38	1.14	1.52

() NUMERO DE DATOS DISPONIBLES.

CONCLUSIONES.

El método que proporcionó los mejores resultados de manera general, fué el hojueleado a vapor de los cereales seguido de cerca por otros métodos como el micronizado, extruido, cosecha precoz, reconstituido y expandido en aire seco, principalmente.

Sin embargo, la mayor parte de la investigación más reciente ha sido dirigida a la finalización de ganado vacuno utilizando combinaciones de cereales procesados por distintos métodos, basados en experiencias que han demostrado que el suministrar raciones que contengan al menos dos diferentes presentaciones de partícula, redundan en un efecto asociativo que mejora el aprovechamiento del alimento, superando el comportamiento esperado respecto al suministro de éstas dietas en forma individual.

Generalmente se utiliza un método de procesamiento del cereal húmedo, con la misma ú otra fuente de grano procesada en seco. La información revisada indica como método húmedo a la cosecha precoz o al reconstituido, y como el método en seco al rolado del cereal. La mayor parte de los ensayos utilizaron maíz húmedo combinado con maíz ó sorgo rolado en seco.

En base a lo expuesto, en el caso de utilizar una sola fuente de grano en la ración, es recomendable el procesamiento del cereal mediante el hojueleado a vapor, apoyados en la eficiencia de utilización que produce; con el inconveniente de la alta inversión inicial que implica la compra del equipo.

Por otra parte, puede recomendarse igualmente la utilización de combinaciones de granos húmedo y seco para la alimentación animal, que si bien no alcanza a superar en eficiencia al hojueleado a vapor, su costo operativo es relativamente menor.

El cereal que propició el mejor comportamiento del ganado fué el maíz, seguido por el trigo y el sorgo, siendo este último, sin embargo, el que mayor respuesta presentó al procesamiento.

Las conclusiones para la realidad de nuestro país en cuanto a método de procesamiento, se inclinan mas a la opción del uso de combinaciones de cereales para la finalización del ganado, debido principalmente a que el tamaño de las explotaciones es menor que las norteamericanas y por lo tanto no cuentan con viabilidad para la adquisición de equipos sofisticados de tratamiento de granos.

En cuanto a las fuentes de cereal a utilizar en nuestro país, se recomienda el uso del grano de sorgo, ya que pese a su menor eficacia como alimento comparado con el maíz o trigo, su relativo menor costo y su alta respuesta al procesamiento además de su irrestricta disponibilidad en el mercado lo hacen el cereal más indicado; sin dejar a un lado las combinaciones que pudieran hacerse con maíz ó trigo, para a la vez de incrementar la eficiencia de utilización de los granos y de la dieta, se abarata el costo de estos últimos cereales a causa de los efectos asociativos positivos que se presentan.

LITERATURA CITADA.

Aimone J.C. y D.G. Wagner. 1977. Micronized wheat. 1. Influence on feedlot performance, digestibility, VFA and lactate levels in cattle. J. Ani. Sci. 44:1088.

Axe D.E., K.K. Bolsen, D.L. Harmon, R.W. Lee, G.A. Milliken and T.B. Avery. 1987. Effect of wheat and high-moisture sorghum grain fed singly and in combination on ruminal fermentation, solid and liquid flow, site and extent of digestion and feeding performance of cattle. J. Ani. Sci. 64:897.

Cerda M.J.A 1989. Determinación de la digestibilidad de diferentes granos en diferentes proporciones, utilizando el método de la bolsa de nylon "in vivo". Tesis . Universidad Autónoma de Nuevo León.

Cole N.A., R.R. Johnson and F.N. Owens. 1976. Influence of roughage level and corn processing method on the site and extent of digestion of beef steers. J. Ani. Sci. 43:490.

Church D.C. 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Vol. 3. Editorial Acribia; Zaragoza, España.

Instituto Superior de Ciencia Agrícola de la Habana. 1986. Características nutritivas de los principales alimentos y aditivos utilizados en la alimentación de los animales.

Johnson D.E., J.K. Matsushima and K.L. Knox. 1968. Utilization of flaked vs. cracked corn by steers with observations on starch modification. J. Ani. Sci. 27:1431.

Kreikemeier K.K., D.L. Harmon, R.T. Brandt, Jr., T.G. Nagaraja and R.C. Cochran. 1990. Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: effects on dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism. J. Ani. Sci. 68:2130.

Neuman A.L. 1977. Beef Cattle. Seventh edition, Editorial Wiley.

Ramírez L.R. Feedlot performance, digestibility, nitrogen balance and rate of passage in feedlot cattle fed diets containing steam flaked corn, steamed whole corn, or whole corn. M.Sc. Thesis New Mexico State University.

Stock R.A., D.R. Brink, R.T. Brandt, J.K. Merrill and K.K. Smith. 1987a. Feeding combinations of high moisture corn and dry corn to finishing cattle. J. Ani. Sci. 65:282.

Stock R.A., D.R. Brink, R.A. Britton, F.K. Goedeken, M.H. Sindt, K.K. Kreikemeier, M.L. Bauer and K.K. Smith. 1987b. Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. *J. Ani. Sci.* 65:290.

Stock R.A., D.R. Brink, K.K. Kreikemeier and K.K. Smith. 1987c. Evaluation of early-harvested and reconstituted grain sorghum in finishing steers. *J. Ani. Sci.* 65:548.

Stock R.A., M.H. Sindt, R.M. Cleale and R.A. Britton. 1991. High-moisture corn utilization in finishing cattle. *J. Ani. Sci.* 69:1645.

Xiong Y., S.J. Bartle, R.L. Preston and Q. Meng. 1990. Estimating starch availability and protein degradation of steam-flaked and reconstituted sorghum grain through a gas production technique. *J. Ani. Sci.* 68:3880.

Xiong Y., S.J. Bartle and R.L. Preston. 1991. Density of steam-flaked sorghum grain, roughage level, and feeding regimen for feedlot steers. *J. Ani. Sci.* 69:1707.

Zinn y col. 1990. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. *J. Ani. Sci.* 68:767.

011607

FE DE ERRATAS

- PAGINA 30 Tabla 19. En el último renglón dentro de la tabla dice **ALIM/100 kg** de ganancia debe de decir **ALIM/KG** de ganancia
- PAGINA 30 Tabla 19 En el último renglón dentro de la tabla en la primera columna de datos aparece el dato **5.62^b**, debe de ser **5.62^a**.
- PAGINA 37. Tabla 24. Al pie de la tabla en el segundo renglón aparece **b,CRS.= Rolado en seco**, debe de decir **R.S. = Rolado en seco**.
- PAGINA 39 Tabla 25 En la segunda columna de método de procesamiento dice **RECONSTITUIDO A VAPOR** y debe de decir **RECONSTITUIDO ENTERO**
- PAGINA 48 Tabla 33 En el primer renglón dentro de la tabla aparece **MAIZ HUMEDO : MAIZ ROLADO EN SECO**, y debe de decir **MAIZ HUMEDO : MAIZ SECO ENTERO**
- PAGINA 48 Tabla 34 En el primer renglón dentro de la tabla aparece **MAIZ HUMEDO SECO : MAIZ ROLADO EN**, debe de decir **MAIZ HUMEDO : MAIZ ROLADO EN SECO**

