

"CAMBIOS EN LA COMPOSICION QUIMICA EN LA RECONSTITUCION  
DEL GRANO DE SORGO"

TESIS

Sometida a la consideración de la  
Escuela de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

por

Carlos Carvajal Burruel

Como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo con especialidad en Manejo de Pastizales.

Mayo de 1980.

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

## I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION. ....	1
LITERATURA REVISADA. ....	4
MATERIAL Y METODOS. ....	26
RESULTADOS. ....	29
DISCUSION. ....	30
RESUMEN Y CONCLUSIONES. ....	32
BIBLIOGRAFIA. ....	34
APENDICE.. ....	37

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Resultados promedio de las repeticiones en la determinación de Humedad.....	38
Cuadro 2. Resultados promedio de las repeticiones en la determinación de Proteína Cruda.....	38
Cuadro 3. Resultados promedio de las repeticiones en la determinación de Cenizas.....	39
Cuadro 4. Resultados promedio de las repeticiones en la determinación de Extracto Etéreo.....	39
Cuadro 5. Resultados promedio de las repeticiones en la determinación de Fibra Cruda.....	40
Cuadro 6. Resultados promedio de las repeticiones en la determinación de E. L. N. ....	40
cuadro 7. Análisis de varianza para los resultados de Proteína Cruda.....	41
cuadro 8. Análisis de Varianza para los resultados de Cenizas.....	41
cuadro 9. Análisis de Varianza para los resultados de Extracto Etéreo.....	42
Cuadro 10. Análisis de Varianza para los resultados de Fibra Cruda.....	42
Cuadro 11. Análisis de Varianza para los resultados de E. L. N. ....	43

## INTRODUCCION

La creciente naturaleza competitiva de la industria de la ceba ganadera ha estimulado el interés en métodos para mejorar la digestibilidad de la fracción de concentrados en la dieta, la cual frecuentemente proporciona cerca del 90% del total de energía de la ración. Existen estudios que se han comprobado de que el moler muy fino el grano de sorgo se mejora su utilización, pero en dietas altas en concentrados esta práctica no es conveniente ya que al perderse las propiedades físicas de la cáscara del grano, aumenta la susceptibilidad del ganado al timpanismo y a otros trastornos digestivos.

El grano de sorgo es normalmente cosechado, almacenado y suministrado al ganado a niveles de humedad de 12 a 15%. Sin embargo, el grano de sorgo puede ser cosechado con buenos resultados, y equipo convencional a niveles alrededor del 40% de agua. Los niveles de humedad del grano de sorgo secado al aire pueden ser incrementados a niveles de humedad de 20 a 40% por exposición del grano al agua (este último proceso se le llama reconstitución). En ambos casos, la preservación del grano de alta humedad necesita almacenarse en un silo (13).

El ensilado del grano de alta humedad, fue creado co

mo una técnica agronómica con el objetivo de reducir pérdidas en la cosecha. El procedimiento tiene la aplicación especial en países tropicales donde el daño causado por los insectos es considerable en las últimas etapas de maduración, ya que dicho grano, cosechado tempranamente, puede tener un contenido de humedad de hasta un 36% y no es económico secarlo artificialmente al 14% de humedad requerida para un almacenaje aeróbico. Se ha establecido que tal grano puede ser almacenado en silos sellados, incluso en fosas forradas con polietileno.

El proceso acarrea una ligera fermentación pero el total de pérdidas es insignificante siempre que el grano sea mantenido bajo condiciones anaeróbicas.

La técnica de reconstituir el grano de sorgo seco hasta alrededor del 30% de humedad ensilándolo después durante un período de dos ó mas semanas, surgió al encontrarse que el valor alimenticio del grano ensilado con contenido alto de humedad tendía a ser superior al del grano seco. De este modo, el ensilado del grano se convirtió en una técnica utilizada para la engorda de ganado en contraste al propósito original que era simplificar la cosecha (18).

El presente trabajo tiene como finalidad hacer una

comparación en la composición química del grano de sorgo  
reconstituido entero con la del grano de sorgo seco.

## LITERATURA REVISADA

Riggs et al. (1959), reportaron resultados de un experimento de donde se comparó grano de sorgo cosechado temprano (23% de humedad) molido y no molido y, grano de sorgo seco, en una dieta alta en concentrado. Los promedios de ganancia diaria (Kg.) y kilogramos de alimento por kilogramo de ganancia para el grano de sorgo cosechado temprano no molido y cosechado temprano molido y grano seco fueron: 1.01, 15.2, 1.10, 11.6 y 1.04, 12.7 respectivamente (20).

Riggs y McGinty (1970), investigaron el valor comparativo del grano de sorgo seco molido (10 a 13% de humedad) al cosechado temprano (23 a 32% de humedad) y reconstituido (25 a 30% de humedad), en siete pruebas de alimentación para ganado vacuno. Los granos con alta humedad fueron almacenados enteros en estructuras que limitaban el oxígeno hasta ser molidos. El contenido del grano de las dietas en base a materia seca promedió 59% con un rango de 45 a 91%. El promedio de peso inicial para el ganado en las siete pruebas fue de 308 Kgs. Las ganancias diarias para los granos reconstituido y cosechado temprano no fueron diferentes ( $P > .05$ ) a las del grano seco. El total de kilogramos de materia seca requeridos en la

dieta por kilogramo de ganancia fue 11% mas bajo para los granos con alta humedad que para el grano seco. El consumo de materia seca para las dietas de grano de alta humedad fue ligeramente mas bajo que para la dieta de grano seco (21).

McGinty et al. (1968), condujeron dos experimentos para determinar el efecto de la molienda antes y después en el grano de sorgo reconstituido en ganado estabulado.

Los granos molidos antes y después del almacenados por 21 días. El grano molido seco fue el control. En el experimento I 48 novillos y vaquillas fueron alimentados por 100 días. El promedio de ganancia diaria (Kg.) y kilogramos de materia seca por kilogramo de ganancia para el control, granos húmedos premolido y postmolido fueron: 1.27, 6.57; 1.19, 6.88 y 1.27, 5.82 respectivamente. En el experimento II, 24 novillos y vaquillas fueron alimentados con las mismas dietas como en el experimento I, por 112 días. El promedio de ganancia diaria (Kg.) y eficiencia alimenticia para el control, granos húmedos premolido y postmolido fueron: 1.20, 7.62; 1.12, 8.12 y 1.22, 7.47 respectivamente (12).

Penic et al. (1968), compararon grano de sorgo reconstituido (30% de humedad) premolido y postmolido con grano

de sorgo seco molido, en dietas con 91% de grano para ganado vacuno (318 Kgs.). El promedio de ganancia diaria (Kg.) y kilogramos de alimento requerido por kilogramo de ganancia para el molido seco, granos postmolido y premolido fueron: 1.27, 7.24; 1.27, 6.45 y 1.23, 7.59 respectivamente. Fue sugerido por los autores, "que ciertos caminos físicos de acción enzimática en la hidrólisis del almidón, existen en el grano intacto y que el rompimiento de estos caminos por la molienda antes de la reconstitución, evita el efecto benéfico del proceso de reconstitución (16).

Hale et al. (1969), utilizando novillos (268 Kgs.) compararon grano de sorgo seco con grano de sorgo reconstituido (27% de humedad), en una dieta con 80% de concentrado. Los granos fueron rolados antes de suministrarlos. En dos pruebas, la ganancia diaria fue incrementada en un 21.5% y los requerimientos de alimento fueron reducidos en un 4.5% debido a la reconstitución (8).

Pantín et al. (1969), condujeron un experimento para determinar los efectos de la temperatura del agua y duración de la reconstitución en el valor alimenticio del grano de sorgo para vaquillas (224 Kgs.) el grano de sorgo seco y antero fue preparado en cinco formas: molido seco; reconstituido con agua a 16° C., almacenado 10 días; re-

constituído con agua a 49° C., almacenado 10 días; reconstituído con agua a 16° C., almacenado 20 días y reconstituído con agua a 49° C., almacenado 20 días. El grano reconstituído fue molido antes de ser mezclado con los otros ingredientes de la ración y suministrado al ganado. Todo el grano sin considerar el procesamiento fue incorporado dentro de una dieta con 90% de concentrado. El promedio de ganancia diaria fue mas alto ( $P < .01$ ), para todos los grupos alimentados con grano reconstituído que para los grupos alimentados con grano seco molido. No se observó diferencia significativa para ganancia de peso entre los grupos alimentados con grano reconstituído para 10 contra 20 días, ni para grano reconstituído con agua a 16° C., contra 49° C. Las vaquillas alimentadas con grano reconstituído, requirieron significativamente menos materia seca por kilogramo de ganancia que para aquellas alimentadas con grano seco. Ni el tiempo ni la temperatura del agua utilizada en el proceso de reconstitución, tuvieron influencia significativa sobre la conversión alimenticia (15).

Eudaly y Riggs (1969), usaron 25 becerros destetados Charolais-Hereford, para determinar el valor energético del grano de sorgo procesado de cuatro maneras. Los métodos

dos usados en el procesamiento del grano fueron: rolado al vapor, micronizado (cocinado con rayos infra-rojos), reconstituido (mínimo 10 días, 30% de humedad) y molido seco. Los animales fueron alimentados todos con una dieta de 100% concentrado por 168 días. El promedio de ganancia diaria fue mas alto, para los animales alimentados con grano micronizado, seguido en orden para aquellos alimentados con rolado al vapor, reconstituido y grano seco. La conversión alimenticia de materia seca fue mejor para el tratamiento rolado al vapor sin diferencia entre reconstituido y micronizado y mas pobre para el grano seco molido. Los valores de ENg (mcal./100 Kgs. de grano) de los mas altos a los mas bajos fueron para grano micronizado, reconstituido, rolado al vapor y seco molido respectivamente. Los valores de Enm+g de los mas altos a los mas bajos fueron rolados al vapor reconstituido, micronizado y molido seco (5).

White et al. (1969), efectuaron tres pruebas con 164 novillos, para comparar métodos de procesamiento del grano de sorgo en una dieta de 90% de concentrado, como medida para el desempeño en corral de engorda y valor de energía neta. En la prueba I el promedio de ganancia diaria (Kg.), kilogramos de alimento por kilogramo de ganancia y ENg (mcal./100 Kgs. de grano) para reconstituido-almace-

nado 21 días molido, 1.14, 5.77, 130.7; para molido reconstituido-almacenado 21 días, 1.00, 6.56, 118.3 y para seco molido finamente, 1.02, 6.34, 114.8. La ganancia diaria fue afectada ( $P < .05$ ) por los métodos de procesamiento. En la prueba II, el promedio de ganancia diaria (Kg.), kilogramos de alimento por kilogramo de ganancia y ENG para seco rolado ordinariamente, 1.01, 7.60, 90.4; para seco molido finamente 1.06, 7.12, 95.3; para seco molido extrafino, 0.99, 6.64 y 118.1; para cosechado temprano y rolado, 1.17, 5.78 y 128.3; para cosechado temprano molido, 0.99, 6.47 y 125.6; para reconstituido molido, 1.02, 6.60 y 112.8 y para reconstituido rolado, 1.19, 5.92 y 127.7. El alimento por kilogramo de ganancia y ENG fueron afectados ( $P < .05$ ) por el método de procesamiento. En la tercera prueba, el promedio de ganancia diaria (Kg.), kilogramos de alimento por kilogramo de ganancia y ENG para seco rolado, 1.14, 6.78 y 109.4; para reconstituido a 22% de humedad-almacenado 21 días, 1.23, 6.51 y 117.9; para reconstituido a 38% de humedad-almacenado 21 días, 1.05, 5.96 y 152.4 y para reconstituido a 38% de humedad-almacenado un día, 1.11, 6.62 y 116.4. El alimento por kilogramo de ganancia fue afectado ( $P < .05$ ) por el método de procesamiento (26).

Kiesling, McCroskey y Wagner (1972), usando 18 novillos de sobreaño Hereford (270 Kgs.), compararon la eficiencia energética de una dieta de 84% de grano, conteniendo grano de sorgo seco y rolado ó grano de sorgo reconstituído y rolado (38% de humedad), usando para comparar la eficiencia de los métodos, respiración calorimétrica y técnica comparativa de sacrificio. Dos pruebas de balance energético total fueron conducidas en el procesamiento de respiración calorimétrica. Se suministró una combinación de harina de soya y urea como nitrógeno suplementario para las dos dietas. Durante el período de alimentación a libertad, el promedio diario del consumo de materia seca fue mas bajo ( $P < .05$  para el ganado alimentado con dieta de grano reconstituído rolado. Aunque no significativa estadísticamente la eficiencia alimenticia fue 8.25% mejor para el grupo con grano reconstituído rolado. La  $ENM+g$  determinada por la técnica comparativa de sacrificio, fue 16% mejor ( $P < .01$ ) para la dieta de grano reconstituído rolado que para la dieta de grano seco rolado. La energía neta determinada por respiración calorimétrica fue 4.6% mejor para la dieta de grano reconstituído; pero esto no fue estadísticamente significativo (10).

Usando 50 novillas Angus y cruza de Angus-Hereford

(200 Kgs.) Wagner y Schneider (1970), compararon cinco métodos de procesamiento de grano de sorgo en una dieta de 84% de grano, para estudiar la influencia del tiempo de almacenaje sobre el valor alimenticio del grano de sorgo reconstituido y para determinar el valor nutritivo del grano de sorgo entero remojado. Los tratamientos comparados fueron rolado seco; reconstituido entero a 30% de humedad, almacenado 5, 10 y 20 días y remojado en agua por 48 horas, seguido por un drenado de 24 horas antes de ser suministrados. La prueba alimenticia duró 114 días. No hubo diferencia ( $P < .05$ ) entre los tratamientos para la medida de ganancia. Fue observada una diferencia ( $P < .05$ ) entre los tratamientos para consumo diario de alimento, teniendo el consumo mas alto el tratamiento del grano de sorgo rolado. Se observaron consumos bajos en los tratamientos de grano húmedo, resultando un mejoramiento en la eficiencia alimenticia de 3.7, 3.0, 12.0 y 7.2% para los tratamientos de 5, 10 y 20 días y grano remojado respectivamente comparados al tratamiento de grano seco rolado (25).

Cinco métodos de procesamiento del grano de sorgo fueron comparados en una dieta de 84% de grano por Wagner et al. (1971); usaron 50 vaquillas Angus (200 Kgs.) para

estudiar la influencia del tiempo de almacenaje y nivel de humedad sobre el valor alimenticio del grano de sorgo reconstituido entero. Los tratamientos comparados fueron: rolado seco; reconstituido entero, almacenado por 10 y 20 días con 30% de humedad y reconstituido entero, almacenado por 10 ó 20 días con 38% de humedad. La prueba alimenticia duró 140 días y todo el grano reconstituido fue rolado antes de suministrarlo. No hubo diferencia ( $P > .05$ ) entre los tratamientos en razón de ganancia diaria. Los consumos alimenticios no fueron diferentes ( $P > .05$ ) entre los tratamientos; sin embargo los consumos de las dietas de grano reconstituido fueron 7% mas bajo que para los del grano seco rolado. No hubo diferencia ( $P > .05$ ) en eficiencia alimenticia entre los cuatro tratamientos de grano de sorgo reconstituido. El mejoramiento promedio en la eficiencia alimenticia, fue de 15% para los tratamientos de grano reconstituido comparado al tratamiento de grano seco (24).

En un estudio con novillos reportado por la Estación Experimental de Kansas (Anónimo, 1971), compararon una dieta de 78% de grano de sorgo reconstituido como única fuente de grano contra la sustitución parcial (33%), con grano de sorgo estirado a presión por el grano de sorgo

reconstituído. Hubo un incremento en la ganancia de 0.09 Kg. por día para los novillos alimentados con la dieta conteniendo el grano de sorgo estirado a presión, comparada con todas las dietas de grano reconstituído sin embargo, esta diferencia no fue significativa. La eficiencia alimenticia fue mejorada en un 7% con la dieta de grano estirado a presión (1).

Bajo condiciones de corral de engorda en gran escala comercial, Schake, Riggs y Butler (1972), compararon muestras de diferentes tipos de procesamiento del grano de sorgo cuando incorporado dentro de una dieta de 65% de grano, en el desempeño de 450 novillos (334 Kgs.) los procesos utilizados fueron rolados al vapor (17% de humedad); entero, reconstituído y rolado (30% de humedad, con 10% de grano de cebada para aumentar el peso al tiempo de reconstitución) y seco rolado y reconstituído (30% de humedad). No hubo diferencia significativa en ganancia diaria entre los tratamientos del procesamiento del grano. La eficiencia alimenticia y el promedio consumo diario de alimento en kilogramos (10% en base húmeda) para los tratamientos del grano respectivo fueron como sigue: 7.10, 9.45; 6.45, 8.75 y 6.75, 9.20 (22).

Bolsen, Cox y Riley (1974), condujeron una prueba ali

menticia para determinar el valor relativo de cinco métodos para el procesamiento del grano de sorgo. Los métodos de procesamiento utilizados fueron: (1) rolado de vapor; (2) reconstituido, ensilado entero en un silo; (3) reconstituido, tratado con ácido propionico y almacenado entero en un silo de concreto; (4) reconstituido, tratado con ácido y almacenado entero en un depósito de metal para grano; (5) reconstituido, rolado y ensilado en silo de duela de concreto. El grano de sorgo almacenado entero fue rolado ordinariamente antes de suministrarse. En este estudio 100 novillos sobre año Hereford y Hereford-Angus (370 Kgs.), fueron alimentados con una dieta de 81% de grano por 112 días. Los novillos alimentados con las dietas 1, 2, 3 y 4, tuvieron un promedio similar en ganancias diarias; sin embargo aquellos alimentados con la dieta 2 tuvieron una ganancia mas rápida ( $P > .05$ ) que aquellos alimentados con la dieta 5. No se observó diferencia ( $P > .05$ ) en el consumo alimenticio entre los tratamientos. Las eficiencias alimenticias fueron las mismas para todas las dietas ( $P > .05$ ), pero las dietas conteniendo grano de sorgo rolado al vapor y ensilado entero fueron 12.4 y 9.1 respectivamente mas eficientes comparadas a los otros tres tratamientos (3).

Cuatro novillos sobre año Angus fueron utilizados en

una prueba por McGinty, Breuer y Riggs (1967), para determinar los coeficientes de digestibilidad para granos de sorgo seco (10.3% de humedad) y reconstituido (29.7% de humedad), en una dieta de concentrado total. Ambos granos fueron molidos a través del mismo molino de martillo antes de ser suministrados. El óxido de cromo fue utilizado con un indicador durante el período de cinco días de recolecciones de muestras. Los coeficientes de digestibilidad para materia seca, materia orgánica y materia orgánica sin proteína para los granos seco y reconstituido fueron: 64.42, 83.08; 66.06, 85.06 y 68.70, 89.10% respectivamente ( $P > .05$ ). La digestibilidad de la proteína para los granos seco y reconstituido fue 44.45 y 51.70% respectivamente, ( $P > .05$ ) (11).

En un segundo experimento de digestibilidad el cual fue similar en procedimiento al estudio conducido por McGinty et al. (1967) fue reportado por Riggs y McGinty (1970). En esta prueba reversible, fueron utilizados tres novillos sobre año Hereford. Los niveles de humedad del grano de sorgo seco al aire y reconstituido fueron 9.3% y 22.1% respectivamente. Los coeficientes de digestibilidad para materia seca, materia orgánica y materia orgánica sin proteína para granos seco y reconstituido fueron: 65.05, 79.72; 69.37, 81.20 y 71.56, 83.72% respec

tivamente ( $P > .05$ ). La digestibilidad de la proteína para los granos seco y reconstituído fue de 50.23 y 61.23% respectivamente ( $P > .05$ ) (21).

La total utilización de carbohidratos y almidón en el rumen y en el tracto postruminal de novillos alimentados con grano de sorgo procesado por diferentes métodos, fue comparado en una dieta de 83% de grano por McNeill, Potter y Riggs (1971). Dos de los métodos de procesamiento estudiados fueron: seco molido y reconstituído en forma entera y molido antes de suministrarse. La digestibilidad total de carbohidratos fue mas grande para el grano reconstituído que para el grano seco molido; sin embargo, la diferencia ( $P > .05$ ) no fue estadísticamente significativa. La digestión ruminal total de carbohidratos fue mas grande ( $P > .05$ ) para el grano reconstituído que para el grano seco molido. La digestión total y ruminal del almidón fue mas grande ( $P > .05$ ) para el grano reconstituído que para el grano seco molido. La digestión total y ruminal del almidón fue mas grande ( $P > .05$ ) para el grano reconstituído que para el grano seco molido (13).

Una prueba de digestión y blance de Nitrógeno usando 12 novillos, fue conducida por Buchanan-Smith et al. (1968), para comparar grano de sorgo procesado por cuatro procedimientos diferentes e incorporado dentro de una die

ta de 78% de grano. Los procedimientos usados en el procesamiento del grano fueron: molido ordinario, molido fino, rolado al vapor y reconstituído rolado. El nitrógeno para todas las dietas fue aportado por la harinolina. La digestibilidad aparente de proteína fue mas alta ( $P > .05$ ) en el grano reconstituído rolado que entre los granos molido ordinario o fino, también la digestibilidad de la materia orgánica y materia orgánica sin proteína fue mas alta para el grano reconstituído rolado que entre los granos molido ordinario y fino; no hubo diferencias ( $P > .05$ ) entre los granos rolado al vapor y reconstituído ó entre los granos molidos. La digestibilidad de materia orgánica sin proteína fue mayor ( $P > .05$ ) en el grano procesado al vapor que en cualquiera de los dos granos molidos. La digestibilidad del nitrógeno no fue afectada ( $P > .05$ ) por los métodos de procesamiento del grano. La digestibilidad de la energía bruta fue mayor ( $P > .05$ ) para la dieta de grano reconstituído comparada a las dos dietas de grano molido, pero no fue diferente de la dieta de grano rolado al vapor. La retención de nitrógeno no fue afectada ( $P > .05$ ) por los procesamientos del grano (4).

Potter, McNeill y Riggs (1971), condujeron un estudio para comparar los patrones de aminoácidos en el contenido

abomasal de novillos alimentados con grano de sorgo procesado por cuatro métodos diferentes y para relacionar el patrón de aminoácidos abomasal para el grado de conversión ruminal de la proteína del alimento a proteína bacterial y posterior utilización de la proteína en el tracto digestivo bajo. Cuatro novillos de año Angus cruzados, adaptados con fístulas abomasales fueron alimentados con una dieta de 83% de grano con tratamiento de grano procesado arreglados en un diseño de cuadrado latino de 4 X 4. Los tratamientos del grano procesado fueron: seco molido, reconstituído y molido, rolado al vapor y micronizado. No hubo diferencia ( $P > .05$ ) entre los tratamientos de grano procesado en la cantidad de nitrógeno en el abomaso, pero hubo una tendencia de una cantidad menor de nitrógeno reconstituído. Las proteínas abomasales de novillos alimentados con grano micronizado fueron mas bajas en lisina y mas altas en leucina ( $P < .05$ ), que aquellas de novillos alimentados con grano reconstituído y grano procesado al vapor. Las proteínas abomasales de novillos alimentados con grano reconstituído tuvieron mas lisina y menos leucina ( $P < .05$ ), que las proteínas abomasales de novillos alimentados con grano seco ó micronizado. Las proteínas abomasales de novillos alimentados con grano micro

nizado tuvieron mas proteína alimenticia y menos proteína bacterial ( $P < .05$ ), que aquellos alimentados con grano re constituido ó procesado al vapor. La digestión del nitrógeno verdadero fue similar ( $P > .05$ ) en todos los tratamientos con una tendencia a ser mas digerible las proteínas abomasales en novillos alimentados con grano reconsti tuído (18).

Usando novillos en un arreglo de cuadrado latino de 4 X 4, Potter et al. (1970), condujeron un estudio para cuantificar la proteína y nitrógeno no protéico alcanzados en el abomaso en cuatro tratamientos dietéticos; grano seco molido mas harinolina (DH) grano de sorgo seco mo lido mas urea (DU); grano de sorgo reconstituído mas harinolina (RH) y grano de sorgo reconstituído mas urea (RU). Los granos fueron incorporados dentro de una dieta de 85% de concentrado y todas las dietas fueron formuladas para 11.5% de proteína cruda en base a materia seca. El óxido de cromo fue añadido como un indicador externo. Como un porcentaje del tratamiento DH, la cantidad de nitrógeno alcanzado en el abomaso fue de 72, 94 y 99% en novillos alimentados con DU, RU y RH, respectivamente. Del total de nitrógeno abomasal en novillos alimentados con DH, DU, RU y RH, tuvieron 54, 54, 61, 58% de nitrógeno protéico, respectivamente (17).

Hale et al. (1963), condujeron un estudio en el cual, el grano entero fue analizado en un recipiente de vidrio hermético por 21 días a tres niveles de humedad (23, 29 y 34%) y comparado al grano de sorgo seco al aire, usando la técnica de la bolsa de nylon. Todos los granos fueron molidos antes de ser puestos en el interior de las bolsas de nylon. Como a ocho horas del tiempo de almacenaje, la desaparición de materia seca fue mas alta para el grano de sorgo reconstituido (29% de humedad), seguido en orden por el grano de sorgo reconstituido (34% de humedad), grano de sorgo reconstituido (23% de humedad) y grano de sorgo seco molido. No hubo una ventaja del grano de sorgo reconstituido a 23% de humedad cuando comparado al grano seco molido. La desaparición de la materia seca para el grano de sorgo reconstituido a 29% de humedad, fue 110% veces mas alta que la del grano seco molido (7).

Neuhaus y Totusek (1971), condujeron varios experimentos para determinar la influencia de la humedad (13 a 35%), tiempo de almacenaje (1 a 32 días), temperatura ambiental (5, 24 y 43 grados C.) y forma física (entero y molido), en la digestibilidad in vitro del grano de sorgo cosechado temprano y reconstituido. La digestibilidad de ambos granos fue afectada ( $P < .01$ ) por los niveles de hu-

medad, como también por el tiempo y niveles de temperatura. Los mas grandes incrementos en la digestibilidad fueron entre 23 y 26% de humedad. Los granos cosechados temprano y entero reconstituído fueron afectados ( $P < .05$  y  $.01$ , respectivamente) por la temperatura y humedad, con una interacción ( $P < .01$ ) entre temperatura y humedad la digestibilidad fue incrementada por el alto nivel de humedad y alta temperatura ambiental. El tiempo de almacenaje tuvo un mínimo efecto sobre la digestibilidad el grano cosechado temprano. La digestibilidad del grano reconstituído se incrementó un 6% después de un día de almacenaje y continuó incrementándose hasta 15% a 32 días ( $P < .01$ ). La reconstitución del grano en la forma molida no mejoró la digestibilidad pero la digestibilidad fue mejorada significativamente ( $P < .01$ ) cuando el grano fue reconstituído en la forma entera (14).

pantin et al. (1969), condujeron un experimento para determinar los efectos de la temperatura del agua (16 y 49 grados c.) y la duración del tiempo de reconstitución (10 y 20 días) en los patrones de ácidos grasos volátiles del rumen, en vaquillas alimentadas con grano de sorgo. El grano de sorgo reconstituído (27% de humedad), fue molido antes de ser mezclado dentro de una dieta de 90% de concentrado. Las muestras del fluido ruminal fueron toma

das una vez a tres horas después de la alimentación. No hubo diferencia significativa entre los patrones de ácido grasos volátiles del rumen entre los tratamientos del grano (15).

Estudios in vivo e in vitro fueron conducidos por Helm, Lane y Leighton (1972), para determinar el efecto de la reconstitución del grano de sorgo (25% de humedad) comparado al grano de sorgo secado al aire con respecto al pH ruminal y concentración de ácidos grasos volátiles. El rumen de novillos fistulados fue utilizados en ambos estudios. En la prueba de in vitro, fueron tomadas muestras del fluido ruminal de novillos alimentados con dietas conteniendo 60% de grano. Con la prueba in vivo, 4.5 Kgs. de una fuente de grano fue añadida al rumen antes del muestreo.

En el estudio in vitro, el porcentaje molar de acetáto fue menor y el del propionáto fue mayor para el sustrato del grano reconstituido, que para el sustrato del grano secado al aire cuando las muestras fueron a la 2da., 4ta., 6ta., y 12va. horas. Sin embargo, estas diferentes comparaciones fueron pequeñas en la producción de acetato y propionáto entre los dos procesos del grano. Alguna variación en el porcentaje de butiráto, fue observada entre los tratamientos en los diferentes tiempos de muestreo.

Los resultados del estudio in vivo, a tres horas después de la alimentación mostraron ser los porcentajes de acetáto, propionáto y butiráto para el tratamiento del grano reconstituido, 56.5, 19.4 y 19.7 y para el tratamiento del grano secado al aire, 65.6, 18.5 y 12.8 respectivamente. El pH ruminal fue mas bajo para el tratamiento del grano reconstituido comparado al tratamiento del grano secado al aire (6.0 vs 6.9) (9).

Florence, Riggs y Potter (1968), investigaron cambios en las características físicas del grano de sorgo, las cuales resultaron de la reconstitución. El grano reconstituido a 30% de humedad fue almacenado en recipientes herméticos por 5, 10, 15 y 20 días antes de la molienda. Estudios microscópicos, revelaron que el grano reconstituido estuvo caracterizado por paredes desuniformes, pobremente definidas a groso modo con paredes celulares bien definidas en el grano seco al aire. Los autores concluyeron "que hay evidencias de una destrucción de la matriz protéica alrededor de los gránulos de almidón que fueron mostradas, por la presencia de un gran número de granulos libres en el grano reconstituido" (6).

Sullins, Rooney y Riggs (1971), reportaron algunos de los cambios físicos, los cuales ocurren durante la re-

constitución del grano de sorgo entero. Los granos seco y reconstituído fueron molidos antes de la evaluación. Partículas de tamaño mediano fueron mas pequeñas para el grano reconstituído que para el grano seco al aire. El análisis microscópico indicó que la estructura del endospermo y la matriz protéica alrededor de los gránulos de almidón en el grano reconstituído fueron rotas. El desdoblamiento de la matriz protéica resultó en una separación de los gránulos libres del almidón y del cuerpo de la proteína. Los autores sugirieron que las modificaciones fundadas en la reconstitución del grano son probablemente debidadas a la hidrólisis enzimática de la proteína, almidón y otros carbohidratos (23).

H. E. Bechtel et al. (1945) ensilaron grano de sorgo var. "Atlas" con y sin agua en silos de fosa durante 8 meses, con el fin de determinar su composición química y otras observaciones.

El análisis químico mostró los siguientes resultados:

	Grano de Sorgo seco		Grano de Sorgo Reconstituido	
	%		%	
	<u>Antes</u>	<u>Después</u>	<u>Antes</u>	<u>Después</u>
Humedad	12.60	16.00	28.6	29.0
Prot. Cruda	12.65	12.37	12.55	12.59
Cenizas	2.55	2.60	2.44	5.94
Ext. Etéreo	4.06	4.25	4.20	4.37
Fibra Cruda	1.70	1.90	2.00	1.90
E. L. N.	79.2	78.9	78.70	75.30

No habiendo diferencia significativa entre los tratamientos del grano (2).

## MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, ubicado en el Km. 21 de la Carretera Hermosillo-Bahía de Kino a una altura sobre el nivel del mar de 240 m.

El trabajo se realizó del 10 de Julio al 10 de Septiembre de 1979.

Se compararon dos métodos de procesamiento de grano de sorgo: Reconstituído y grano seco, con 15 repeticiones en un diseño experimental completamente al azar.

Al iniciar el trabajo, se muestreó el grano de sorgo que se encontraba en el almacén con el fin de obtener el porcentaje de humedad y en base a este porcentaje, se le añadió el agua para que al momento de ensilarlo tuviera el 30% de humedad. El porcentaje de humedad del grano de sorgo fue de 9.1. Las cantidades de grano y agua fueron: 3.851 Kgs. y 1.149 Kgs. respectivamente, obteniéndose estas cantidades por el método del Cuadrado de Pearson.

El muestreo del grano se hizo de tal manera, que la muestra a la que se le determinó el porcentaje de humedad fuera representativa, o sea, se tomaron muestras de diferentes partes donde se encontraba almacenado el grano y

se mezclaron para obtener una sola muestra. También cuando se procedió a reconstituírse el grano se tomaron muestras de diferentes partes donde se encontraba almacenado el grano.

La forma en que se hizo la reconstitución del grano fue la siguiente: se pesó la cantidad necesaria de grano y se depositó en un recipiente (Balde metálico) y después se pesó la cantidad de agua necesaria para llevar a cabo la reconstitución. El grano fue expuesto al agua para después depositarse en bolsas de polietileno con capacidad de 5 Kgs. presionándose y compactándose lo mas posible para eliminar el aire para luego cerrarlas por un período de 30 días ya que ese lapso de tiempo es suficiente para su fermentación, después de lo cual, se procedió a destapar las bolsas para recoger muestras representativas y practicarles el análisis proximal (% de humedad, % de proteína cruda, % de cenizas, % de extracto etéreo, % de fibra cruda y % de E. L. N.), en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Escuela de Agricultura y Ganadería.

Los métodos utilizados para la realización del análisis proximal fueron los siguientes:

1. Para la determinación de proteína cruda se utilizó el método del Microkjeldahl, el cual consta de dos pro

cedimientos: El primero que es la digestión de la muestra y el segundo que es la destilación de nuestra ya digerida, aquí se utilizan 200 mgs. de muestra.

2. Para la determinación de Cenizas se utilizó el método Gravimétrico, utilizando 2 grs. de muestra.

3. Para la determinación de extracto etéreo se utilizó el método de Goldfisch, utilizándose 2 grs. de muestra.

4. Para la determinación de Fibra Cruda, se utilizó el método de Weende, se utiliza el residuo después de la extracción de grasa.

5. Para la determinación de E. L. N. se suman los porcentajes de las anteriores determinaciones y el resultado se le resta a 100.

Para llevar a cabo las anteriores determinaciones las muestras fueron secadas en la estufa, determinándose así la humedad contenida en ellas, para luego ser molidas.

## RESULTADOS

El análisis proximal para el grano de sorgo seco (testigo), así como también el del grano reconstituido mostró los siguientes resultados promedios:

	Grano de Sorgo seco (Testigo) %	Grano de Sorgo Reconstituido %
Humedad	8.5	33.4
Proteína Cruda	10.7	11.7
cenizas	1.8	1.7
Extracto Etéreo	3.1	3.3
Fibra Cruda	1.19	1.24
E. L. N.	83.21	82.06

Estos resultados se procesaron mediante el análisis de varianza, encontrándose que para los porcentajes de proteína cruda y E. L. N., hubo diferencia significativa ( $P > .05$ ) entre los dos tratamientos. Para los porcentajes de cenizas, extracto etéreo y fibra cruda, no hubo diferencia significativa ( $P < .05$ ).

La variabilidad que se observó entre las repeticiones se muestran en los Cuadros 1, 2, 3, 4, 5 y 6 (Apéndice), así como también los análisis de varianza, se muestran en los Cuadros 7, 8, 9, 10 y 11.

## DISCUSION

El presente trabajo se llevó a cabo bajo condiciones favorables, ya que se contó con todo el material necesario para su elaboración.

En los resultados observados se ve que no existe diferencia significativa ( $P > .05$ ), a excepción de los porcentajes de proteína y E. L. N. Esta diferencia observada en los porcentajes de proteína y E. L. N., pudo haberse debido a errores involuntarios tales como en el muestreo del grano ó en el desarrollo de la técnica. A excepción de los resultados observados en los porcentajes de proteína y E. L. N., los demás fueron aprobados de acuerdo a las declaraciones hechas por investigadores de la Universidad de Arizona\* y también en el trabajo realizado por H. Ernest Bechtel cuyos resultados obtenidos fueron estadísticamente no significativos (2).

\* Información Personal.

Dr. William H. Hale. Profesor de la Universidad de Arizona. Depto. de Ciencia Animal.  
Dr. Frank L. Prouty. Investigador de la Universidad de Arizona. Depto. de Ciencia Animal.

Los investigadores de la Universidad de Arizona, informaron que los cambios que ocurren en la reconstitución del grano no son en la composición química, sino que tienen un efecto muy marcado en el desdoblamiento de la matriz protéica y en una liberación de los gránulos de almidón, esto debido a la hidrólisis enzimática de la proteína, almidón y otros carbohidratos. También aseguran que los cambios que ocurren en la reconstitución del grano son similares a los que ocurren en la germinación, en la cual el almidón del endospermo es hidrolizado para ser utilizado en el crecimiento de la plántula.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, del 10 de Julio al 10 de Septiembre de 1979.

Se utilizaron bolsas de polietileno y grano de sorgo que se encontraba almacenado en el almacén del Campo, el cual se muestreó con el fin de obtener el porcentaje de humedad y que en base a este porcentaje se le añadió el agua para que al momento de ensilarlo, tuviera el 30% de humedad para la reconstitución.

La reconstitución del grano se realizó por exposición del grano al agua, para luego procederse a encilarse y dejarse almacenado por un período de 30 días. Pasado dicho período las bolsas se abrieron y se recogieron muestras para llevar a cabo el análisis proximal (% de humedad, % de proteína cruda, % de ceniza, % de extracto etéreo, % de fibra cruda y % de E. L. N.) el cual se comparó con él del grano seco (testigo).

Se observó en los resultados un aumento en el porcentaje de proteína de 10.7 en el grano seco (testigo) a 11.7 en el grano reconstituído, siendo esta diferencia significativa. Hubo una ligera disminución y un ligero

aumento en los porcentajes de cenizas (0.1%) y extracto etéreo (0.2%) respectivamente siendo estos cambios no significativos. En cuanto al porcentaje de fibra cruda, hubo un ligero aumento de 0.05% en el grano reconstituido, siendo no significativo.

Estos resultados pudieron haberse debido a errores en el muestreo del grano ó en el desarrollo de la técnica, ya que los cambios ocurren en la reconstitución del grano, no son en su composición química, sino que hay un desdoblamiento de la matriz protéica y una liberación de los gránulos de almidón, esto debido a la hidrólisis enzimática de la proteína, almidón y otros carbohidratos.

Se puede concluir que reconstituido el grano de sorgo no trae consigo un mejoramiento en composición química, sino que trae consigo un mejoramiento en la digestibilidad de la materia seca, proteína y también en la eficiencia alimenticia.

De acuerdo con las conclusiones anteriormente citadas se pueden hacer las siguientes recomendaciones: Realizar trabajos experimentales en la engorda de ganado vacuno, comparando las raciones comerciales con raciones conteniendo grano de sorgo reconstituido; así como también realizar trabajos experimentales con otras especies de animales (puercos, aves, etc.).

## BIBLIOGRAFIA

- 1) ANONYMOUS. 1971. Adding extruded milo to reconstituted high moisture milo for finishing steers. Kansas Agric. Exp. Sta. Report of Progress 176. p. 10.
- 2) BECHTEL, E. H., F. W. APKENSON, F. C. FEBTON and W. M. CARLETON. 1945. Pit silos for the storage of atlas sorghum grain and of soft corn. J. Anim. Sci. 4:438.
- 3) BOLSEN, K. K., J. COX and J. G. RYLEY. 1974. Influence of organic acids upon feeding value of dry, reconstituted and early harvested milo for ruminants. J. Anim. Sci. 39:268.
- 4) BUCHANAN-SMITH, J. G., R. TOTUSEK and A. D. TILLMAN. 1968. Effect of method of processing on digestibility and utilization of sorghum grain by cattle and sheep. J. Anim. Sci. 27:525.
- 5) EUDALY, RICHARD M. and J. K. RIGGS. 1969. Energy value of sorghum grain processed four ways. J. Anim. Sci. 29:157. (Abstr.)
- 6) FLORENCE, H. D. Jr., J. K. RIGGS and G. D. POTTER. 1968. Physical characteristics of reconstituted sorghum grain. J. Anim. Sci. 27:1163. (Abstr.).
- 7) HALE, W. H., W. J. SABA, FARRIS HUBBERT Jr. and B. TAYLOR. 1963. Utilization of milo and barley by steers. Proc. West. Sec., Amer. Soc. Anim. Sci. 14:XXVI.
- 8) HALE, W. H., T. LOYNACHAN, B. THEURER, J. C. PARROT III and B. TAYLOR. 1969. Reconstituted milo for fattening Steers. J. Anim. sci. 29:159. (Abstr.).
- 9) HELM, R. E., G. T. LAME and R. E. LEIGHTON. 1972. Variations in ruminal lactate, volatile fatty acids and pH from reconstitution of sorghum grain. J. Dairy Sci. 55:979.

- 10) KIESLING, H. E., J. E. McCROSKEY and D.G. WAGNER. 1972. Effect of preparation on energy utilization by feedlot steers as determined by respiration calorimetry and comparative slaughter. Oklahoma Agric. Exp. Sta. Stillwater, M. P. 87. p. 71.
- 11) MCGINTY, D. D., L. H. BREUER and J. K. RIGGS. 1967. Digestibility of dry and reconstituted sorghum grain. J. Anim. Sci. 26:223. (Abstr.).
- 12) MCGINTY, D. D., P. PENIC and E. J. BOWERS. 1968. Moist grain in for finishing beef cattle. J. Anim. Sci. 27:1170. (Abstr.).
- 13) McNEILL, J. W., G. D. POTTER and J. K. RIGGS. 1971. Ruminal and postruminal carbohydrate utilization in steers fed processed sorghum grain. J. Anim. Sci. 33:1371.
- 14) NEUHAUS, VICENT and R. TOTUSEK. 1971. Factors affecting the in vitro digestibility of high moisture sorghum grain. J. Anim. Sci. 33:1321.
- 15) PATIN, E. J., J. K. RIGGS and E. J. BROWERS. 1969. Water temperature and storage time as factors influencing utilization of reconstituted sorghum grain. Texas Agrci. Exp. Sta. Progress Rep. 2677. p. 7.
- 16) PENIC, P., P. T. MARION, J. K. RIGGS and D. D. MCGINTY. 1968. Physical formas a factor in reconstituting sorghum grain for beef cattle. Beef Cattle Res. in Texas. PR-2565. p. 26.
- 17) POTTER, G. D., G. T. LANE, J. W. McNEIL and R. A. SAMFORD. 1970. Abomasal nitrogen in steers fed urea and process sorghum grain. J. Anim. Sci. 30:326. (Abstr.).
- 18) POTTER, G. D., J. W. McNEILL and J. K. RIGGS. 1971. Utilization of processed sorghum grain proteins by steers. J. Anim. Sci. 32:540.
- 19) PRESTON, R. T. and M. B. WILLIS. 1975. Producción Intensiva de Carne. Editorial Diana. México, D. F. p. 450, 454.

- 20) RIGGS, J. J., J. F. CROSS, O. D. BUTLER, J. W. SORESON, A. C. MAGEE and F. A. WOLTERS. 1959. High moisture sorghum grain for finishing cattle. Texas Agric. Exp. Sta. Progress Rep. 2-103.
- 21) RIGGS, J. K. and D. D. MCGINTY. 1970. Early harvested and reconstituted sorghum grain for cattle. J. Anim. Sci. 31:991.
- 22) SCHAKE, L. M., J. K. RIGGS and O. D. BUTLER. 1972. Commercial feedlot evaluation four methods of sorghum grain processing. J. Anim. Sci. 34:926.
- 23) SULLINS, R. D., L. W. ROONEY and J. K. RIGGS. 1971. Physical changes in the kernel during reconstitution of sorghum grain. Cereal Chem. 48:567.
- 24) WAGNER, P. G., R. CHRISTAINSEN and W. HOLLOWAY. 1971. Influence of storage time and moisture level on feeding value of whole reconstituted milo for fattening cattle. Oklahoma Agric. Exp. Sta. Stillwater. MP-85. p. 64.
- 25) WAGNER, D. G. and WILLIAM SCHNEIDER. 1970. Influence of storage time on feeding value of whole reconstituted milo. Oklahoma Agric. Exp. Sta. Stillwater. MP. 84. p. 28.
- 26) WHITE, D., R. RENBARGER, J. NEWSON, J. NEUHAUS and R. TOTUSEK. 1969. High moisture and dry methods of processing sorghum grain. J. Anim. Sci. 29:175. (Abstr.).

A P E N D I C E



Cuadro 3. Cenizas.

Grano de Sorgo seco.	1.8	1.7	1.8	1.6	1.4	2.2	1.8	1.6	2.0	2.4	1.4	1.5	2
Grano de Sorgo reconstituído.	1.8	2.0	1.6	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7	1.7	1

Cuadro 4. Extracto Etéreo.

Grano de Sorgo seco.	3.4	3.3	3.1	2.7	2.9	3.1	3.3	2.6	3.0	3.5	3.2	3.3	3
Grano de Sorgo reconstituído.	3.4	3.3	3.5	2.9	3.6	3.2	3.0	3.5	3.5	3.0	2.9	3.6	3

Cuadro 5. Fibra Cruda.

Grano de Sorgo seco.	1.35	1.3	1.0	1.15	1.2	1.3	0.95	1.4	1.6	0.81	1.1	1.2
Grano de Sorgo reconstituido.	1.3	1.2	1.4	1.3	1.4	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1

Cuadro 6. E. L. N.

Grano de Sorgo seco.	82.55	82.90	83.40	83.95	84.30	82.90	83.15	83.30	82.60	83.09	82.60	84.00	8
Grano de Sorgo reconstituido.	81.80	81.60	82.60	82.50	81.20	81.80	82.90	82.40	82.10	82.90	82.30	81.90	8

Cuadro 7. Análisis de Varianza para los resultados de proteína Cruda.

Fuente	G. L.	S. C.	M. C.	F	F0.05	F0.01
Procesamiento	1	7.4423	7.4423	95.048 <sup>**</sup>	4.20	7.64
Error	28	2.1939	0.0783			
Total	29	9.6362				

C. V. = 2.49 %

\*\* Altamente Significativo.

Cuadro 8. Análisis de Varianza para los resultados de Cenizas.

Fuente	G. L.	S. C.	M. C.	F	F0.05	F0.01
Procesamiento	1	0.04	0.04	0.756	4.20	7.64
Error	28	1.483	0.0529			
Total	29	1.523				

C. V. = 13.1 %

Cuadro 9. Análisis de Varianza para los resultados de Ex  
tracto Etéreo.

Fuente	G. L.	S. C.	M. C.	F	F0.05	F0.01
Procesamiento	1	0.19877	0.19877	2.839	4.20	7.64
Error	28	1.95986	0.069995			
Total	29	2.15863				

C. V. = 8.3 %

Cuadro 10. Análisis de Varianza para los resultados de  
Fibra Cruda.

Fuente	G. L.	S. C.	M. C.	F	F0.05	F0.06
Procesamiento	1	0.017714	0.017714	0.666303	4.20	7.64
Error	28	0.744396	0.0265855			
Total	29	0.76211				

C. V. = 13.4 %

Am. 11.892

Cuadro 11. Análisis de Varianza para los resultados de E. L. N.

Fuentes	G. L.	S. C.	M. C.	F	F0.05	F0.01
Procesamiento	1	9.3	9.3	30.78**	4.20	7.64
Error	28	8.46	0.3021			
Total	29	17.76				

C. V. = 0.66 %

\*\* Altamente Significativo.