

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA  
Y ZOOTECNIA

"EFECTO DE GRANO DE SORGO RECONSTITUIDO Y  
ENSILADO EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y  
CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN CORDEROS"

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

PRESENTA

**PILAR OROZCO HERNÁNDEZ**

Asesores:

**Dr. Luis Corona Gochi** (Asesor principal)  
**MPA Miguel Ángel García Trejo**

México D.F.

2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## CONTENIDO

---

I	Resumen.....	1
II	Introducción.....	4
III	Revisión bibliográfica.....	6
IV	Justificación.....	66
V	Hipótesis .....	67
VI	Objetivos .....	68
VII	Material y Métodos .....	69
VIII	Resultados .....	86
IX	Discusión .....	89
X	Conclusiones.....	104
XI	Cuadros.....	105
XII	Gráficas.....	131
XIII	Ilustraciones.....	138
XIV	Referencias .....	139

## Cálculos

---

Cálculo 1. Cantidad de agua requerida para la reconstitución del grano de sorgo .....	70
Cálculo 2. Determinación del porcentaje de materia seca ...	72
Cálculo 3. Eficiencia alimenticia .....	73
Cálculo 4. Consumo de materia seca esperado en base en la energía ofrecida .....	73
Cálculo 5. Energía Neta de Mantenimiento de la dieta Observada .....	74
Cálculo 6. Energía Neta de Ganancia de la dieta Observada .	74
Cálculo 7. Energía Neta de Mantenimiento y Ganancia de la dieta Esperadas .....	75
Cálculo 8. Energía Neta de Mantenimiento y Energía Neta de Ganancia Observadas vs. Esperadas .....	75
Cálculo 9. Energía Neta de los tratamientos probados .....	76
Cálculo 10. Peso final ajustado .....	79
Cálculo 11. Determinación del material retenido en criba ..	80
Cálculo 12. Promedio de tamaño de partícula .....	81
Cálculo 13. Desviación estándar geométrica .....	81
Cálculo 14. Partículas por gramo .....	82
Cálculo 15. Área de superficie .....	82
Cálculo 16. Análisis estadístico .....	83

## Cuadros

---

Cuadro 1. Biomasa con potencial para producción de etanol	105
Cuadro 2. Año agrícola, situación al 31 de diciembre del 2007 .....	106
Cuadro 3. Costos de producción de etanol en México (US\$/t)	107
Cuadro 4. Contenido de almidón (g) .....	107
Cuadro 5. Tamaño de partícula en grano de sorgo .....	108
Cuadro 6. Tamaño de partícula en grano de sorgo .....	109
Cuadro 7. Comparación entre el rolado grueso y fino .....	109
Cuadro 8. Comportamiento productivo de corderos alimentados con grano de sorgo molido (M) y entero (E) .....	110
Cuadro 9. Métodos de procesamiento del grano de sorgo en novillos .....	111
Cuadro 10. Fases del proceso de fermentación en grano ....	112
Cuadro 11. Tratamientos físicos previos a la reconstitución del grano de sorgo en bovinos .....	113
Cuadro 12. Composición nutricional promedio de diferentes granos húmedos y ensilado de maíz .....	113
Cuadro 13. Calidad nutricia de diferentes tipos de grano de sorgo húmedos. ....	113
Cuadro 14. Evaluación la calidad nutricia de grano de maíz y sorgo seco, altos en humedad y tratados con ácidos para su almacenamiento en dietas para corderos ....	114

Cuadro 15. Comparación de tres métodos para procesar grano de sorgo en bovinos .....	114
Cuadro 16. Ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) de bovinos alimentados con grano de sorgo húmedo vs. grano seco molido fino .....	115
Cuadro 17. Efecto de nivel de humedad en la recnstitucion del grano en la ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) en bovinos .....	115
Cuadro 18. Efecto del procesamiento del grano de sorgo en la utilización de la energía y retención de nitrógeno en ovinos .....	116
Cuadro 19. Inventario mundial ovino en 2006 y 2007 (numero de cabezas) .....	117
Cuadro 20. Ganancia diaria de eso (GDP), consumo de materia seca (CMS) y eficiencia alimenticia (EA) de ovinos de pelo, lana y cruza pelo x lana con dietas a base de forraje. ....	118
Cuadro 21. Parámetros productivos y reproductivos de razas tropicales de ovinos en pastoreo .....	119
Cuadro 22. Consumo de MS de borregos Pelibuey comparados con valores de INRA (1978), ARC (1984) y NRC (1985) ...	119
Cuadro 23. Consumo de MS (g/día) estimada en ovinos Pelibuey de acuerdo al peso y contenido de EM (Mcal/kg de MS) en la dieta .....	120

Cuadro 24. Consumo de materia seca (CMS) en % de peso vivo (%PV) de ovinos de pelo y lana .....	120
Cuadro 25. Composición química de la carne de diferentes especies .....	121
Cuadro 26. Efecto del medio ambiente y la densidad energética de la dieta sobre el rendimiento en canal (%) y el grado de engrasamiento de la misma, en ovinos .....	121
Cuadro 27. Medias $\pm$ desviación estándar para peso y rendimiento de la canal y profundidad del músculo Longissimus dorsi en ovinos de pelo .....	122
Cuadro 28. Influencia de la alimentación de finalización en corderos de engorda .....	122
Cuadro 29. Comportamiento productivo de corderas suplementadas con diferentes niveles de energía y proteína .....	123
Cuadro 30. Evaluación de las características de la canal de corderos alimentados con grano de maíz y sorgo seco, altos en humedad y tratados con ácidos para su almacenamiento en dietas para corderos .....	124
Cuadro 31. Composición de las dietas utilizadas .....	125
Cuadro 32. Efecto del método de procesamiento de grano de sorgo sobre la ganancia diaria de peso (GDP), consumo de materia seca (CMS) y eficiencia alimenticia (GDP/CMS) .....	126

Cuadro 33. Efecto del método de procesamiento de grano de sorgo sobre la estimación de energía retenida .....	127
Cuadro 34. Efecto del método de procesamiento de grano de sorgo sobre las características de la canal .....	128
Cuadro 35. Tamaño de partícula del grano de sorgo utilizado durante la prueba .....	129
Cuadro 36. Costo de alimentación por kilogramo de peso ganado por animal de los diferentes métodos de tratamiento de grano de sorgo .....	130

## Gráficas

---

Gráfica 1. Utilización de la producción mundial de sorgo (U.S Grains, 2008) .....	131
Gráfica 2. Producción, exportación, importación y consumo de sorgo, 2007-08 .....	131
Gráfica 3. Utilización de granos en E.U.A. para producción de etanol 1980-2010 y proyección para el 2008 .....	132
Gráfica 4. Series históricas producción, superficie cosechada y sembrada de sorgo grano .....	132
Gráfica 5. Superficie sembrada (Ha) y Producción (ton) por temporal y riego de Tamaulipas, principal estado productor de Sorgo en México, 2008 .....	133
Gráfica 6. Evolución en la producción Nacional de Sorgo ..	133
Gráfica 7. Producción de etanol por hectárea de cultivo ..	134
Gráfica 8. Comportamiento de las importaciones de carne de ovino en México (periodo 1991-2008) .....	134
Gráfica 9. Contenido de grasa y colesterol de carne de cordero y res .....	135
Gráfica 10 Gradilla para medir el área del ojo de la chuleta de ovinos y cerdos. ....	136
Gráfica 11. Tamaño de partícula del grano de sorgo de las diferentes dietas utilizadas .....	137

## **I Resumen**

OROZCO HERNANDEZ PILAR. Efecto de grano de sorgo reconstituido y ensilado en el comportamiento productivo y características de la canal en corderos (bajo la dirección de: Dr. Luis Corona Gochi y MPA Miguel Ángel García Trejo).

La matriz proteica que encapsula al almidón de los granos limita su disponibilidad, por lo que el tipo y grado de procesamiento del grano determina su valor alimenticio. El grano de sorgo reconstituido y ensilado no ha sido evaluado simultáneamente con tratamientos en seco en pruebas de comportamiento y características de la canal en borregos de pelo. Se utilizaron 20 corderos Pelibuey enteros y se distribuyeron a 5 tratamientos: Sorgo Entero (**SE**), Sorgo Quebrado Ensilado (**SQE**), Sorgo Entero Ensilado (**SEE**), Sorgo Quebrado (**SQ**) y Sorgo Molido (**SM**) que conformaron el 72% de la dieta. Los corderos alimentados con SE mostraron el menor peso final (PF) ( $P < 0.05$ ), ganancia diaria de peso (GDP) ( $P < 0.05$ ), consumo de materia seca (CMS) ( $P < 0.01$ ), eficiencia alimenticia (GDP/CMS) ( $P < 0.10$ ), peso canal caliente ( $P < 0.05$ ), rendimiento ( $P < 0.01$ ), peso de piernas ( $P < 0.05$ ), peso de pecho ( $P < 0.05$ ) y mayor peso del lomo ( $P < 0.05$ ) que los corderos alimentados con SEE. Los corderos alimentados

con SE presentaron menor rendimiento ( $P < 0.10$ ), peso de pecho ( $P < 0.10$ ), peso de falda ( $P < 0.10$ ) y mayor peso de lomo ( $P < 0.10$ ) que los alimentados con granos procesados. No se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos en peso inicial, grasa dorsal, grasa perirrenal, ojo de chuleta y fuerza de corte. Se concluye que el SEE presentan mejor comportamiento productivo y características de la canal en comparación con SE.

## **SUMMARY**

Digestibility of grain's starch is limited by the protein matrix that encapsulates starch granules and by the compact nature of the starch itself, particularly in the hard endosperm portion of kernels that prevents microbial colonization and retards penetration by amylolytic enzymes, so the type and degree of grain processing determines its nutritional value. The reconstituted sorghum grain has not been evaluated simultaneously with dry treatments on growth and carcass characteristics in hair sheep. Twenty pelibuey lambs were distributed to 5 treatments: Whole sorghum (WS) Reconstituted-cracked sorghum (RCS), Reconstituted-whole sorghum (RWS), Dry-cracked sorghum (DCS) and dry-ground sorghum (DGS) that constituted 72% of the diet (DM). Lambs fed WS had lower final BW ( $P < 0.05$ ), ADG ( $P < 0.05$ ), DMI

( $P < 0.01$ ) ADG / DMI ( $P < 0.10$ ) hot carcass weight ( $P < 0.05$ ), dressing percentage ( $P < 0.01$ ) leg weight ( $P < 0.05$ ) breast weight ( $P < 0.05$ ) and greater weight of the loin ( $P < 0.05$ ) than lambs fed RWS. Lambs fed WS had lower ( $P < 0.10$ ) dressing percentage ( $P < 0.10$ ), breast weight ( $P < 0.10$ ), flank weight ( $P < 0.10$ ) and higher loin weight ( $P < 0.10$ ) than those fed processed grains. No differences ( $P < 0.05$ ) among treatments were observed in initial BW, back fat thickness, kidney, pelvic and heart fat, loin area and shear force. Concluding that feeding reconstituted-whole sorghum improves the growth performance and carcass characteristics in feedlot lambs over that whole sorghum. There were no differences in fat deposition among treatments.

## **II Introducción**

La demanda de carne en los países en desarrollo se encuentra favorecida por el crecimiento demográfico, y se fortalece por las tendencias de urbanización y variaciones en las preferencias y hábitos alimentarios. En los países en desarrollo en un escenario básico de crecimiento económico continuo y fuerte, se mantendrá este desplazamiento constante hacia un mayor contenido de proteínas en la alimentación, por consiguiente, hacia un consumo mayor de carne (SDR, 2007).

El grano de sorgo es el cereal más utilizado en la alimentación animal. Varios estudios sugieren que la baja digestibilidad del almidón del sorgo se debe a la naturaleza de las proteínas que rodean al endospermo y a su localización (Bowen y col 2007; Buendía y col., 2003; Hibber y col., 1985; Huck y col., 1998; Osman y col., 1970; Rooney y Pflugfelder, 1986; Therurer y col., 1986). Las condiciones ambientales influyen sobre la digestibilidad de las proteínas, así como el método de procesamiento al que se somete el grano. Por esto, el grano entero, sin procesar, es poco aprovechado por el ganado, pero se mejora su disponibilidad mediante varios procesos como rolado en seco (Albin y Durham, 1966), molido (Smith y col., 1949) y hojueleado al vapor (Hale y col., 1966), los cuales pueden llegar a ser costosos. Métodos de procesamiento como el hojueleado al vapor y reconstitución

han sido efectivos para incrementar la digestibilidad del grano de sorgo en bovinos (Theurer y col., 1999) y es posible que beneficios similares puedan ocurrir con ovinos. El efecto de la reconstitución y ensilaje del grano de sorgo se ha evaluado en bovinos (Mc-Ginty y col., 1967) pero no ha sido evaluado con tratamientos en seco simultáneamente en pruebas de comportamiento y características de la canal en borregos de pelo. Por lo anterior, en el presente trabajo se evaluó el comportamiento productivo y características de la canal de ovinos Pelibuey alimentados con dietas altas en grano de sorgo sometido a tratamientos distintos.

### **III Revisión bibliográfica**

#### **1. Sorgo**

##### **1.1. Antecedentes**

Los sorgos (*Sorghum spp.*) son un género botánico de unas 20 especies de gramíneas originarias de las regiones tropicales y subtropicales de África oriental. Se cultivan en África, Europa, América y Asia como cereal para consumo humano, animal, en la producción de forrajes y para la elaboración de bebidas alcohólicas. En la Gráfica 1 se muestra la distribución en la utilización del sorgo a nivel mundial.

El empleo de cereales para la nutrición de animales ha sido un elemento dinámico en el fomento del consumo global de sorgo. Los Estados Unidos, México y Japón son los principales países consumidores, seguidos por Argentina, la Ex Unión Soviética y Venezuela. Estos países absorben conjuntamente más del 80% de la utilización mundial de sorgo (FAO, 1995).

En América Latina se emplea el 80% de la producción total del sorgo para la alimentación animal. El sorgo se utiliza durante la engorda de corderos para lograr altas ganancias de peso (GP). Es más económico que otros granos en general. El grano entero, sin procesar es poco aprovechado por el ganado debido al tipo de proteína y almidón, pero

parece ser mejorado por varios procesos: rolado en seco (Albin and Durham, 1966), molido (Smith y col., 1949), hojueleado al vapor (Corona y col., 2005) y reconstituido (Mc-Ginty y col., 1967). Los métodos de procesamiento del grano de sorgo han sido comparados en cuanto a digestibilidad ruminal y pruebas de metabolismo, como el estudio realizado por Buchanan (1968), el cual fue diseñado para obtener información sobre diferentes métodos de procesamiento del grano como molido fino, molido grueso, hojueleado al vapor, y reconstituido rolado.

## **1.2. Situación mundial de la producción de sorgo**

Casi la mitad de la superficie cultivada del planeta se dedica a la producción de cereales, que son una parte esencial de la dieta humana y, en algunos países es prácticamente el único alimento para su población. Los cereales más importantes son trigo, maíz, arroz, avena y sorgo.

La producción mundial de sorgo durante el periodo 2007/08 fue de 63.6 millones de toneladas. Estados Unidos ocupa el primer lugar con 12.7 millones de toneladas, 19.97% del total de la producción; México produce el 8.65% de la producción mundial (Anaya, 2007). Los principales oferentes de sorgo son Estados Unidos (E.U.A.) (78.57% del total de las exportaciones mundiales, 5.5 millones de toneladas) seguido

por Argentina (7.14%). Los compradores más importantes son México, con el 40% del total de las importaciones mundiales, seguido por la Unión Europea con el 24.29% y Japón con el 20% (SDR, 2007). La Gráfica 2 muestra la producción, exportación, importación y consumo de sorgo del periodo 2007-08 a nivel mundial (ASERCA, 2008).

Reflejo del aumento en la producción de maíz es el precio previsto para 2009/10 que se reduce a \$131.88 dólares por tonelada (USD/ton), de \$160.62 dólares por tonelada del periodo 2008/09 (precio promedio). El precio previsto de la temporada 2008/09 del sorgo se prevé en \$126.67 dólares por tonelada y para 2009/10 el precio proyectado se desplaza en un rango de \$102.36 a \$125.98 dólares por tonelada (US Feed Outlook, 2009).

El futuro en la producción y comercialización de granos no es claro debido a la nueva demanda bioenergética, a consecuencia de la cual el precio de los granos aumenta y con lo que el costo para la alimentación del ganado es mayor aumentado los precios de los productos pecuarios. Sin embargo, el grano que se utilice para la alimentación animal deberá utilizarse con la mejor eficiencia posible, de ahí la importancia de los métodos de procesamiento para una mejor utilización del almidón.

### ***1.2.1. Situación actual y futuro de la producción de etanol.***

Se ha visto que el etanol se puede producir a partir de materias ricas en sacarosa como la caña de azúcar, la melaza y el sorgo dulce; o de algunas materias primas ricas en almidón como los cereales ya sea maíz, trigo, cebada o en el caso de los tubérculos la yuca, camote, papa o remolacha, y también de aquellas ricas en celulosa como la madera y los residuos agrícolas (Cuadro 1. Biomasa con potencial para producción de etanol). Los altos precios del petróleo, aunados a los subsidios del maíz, han hecho rentable por primera vez en E.U.A. el uso de etanol como aditivo en combustibles. De hecho, uno de los factores que ha influido en la escasez del maíz para uso alimenticio, se debe a la creciente aplicación que E.U.A. está haciendo de este grano, y así en la actual coyuntura de precios elevados del petróleo, elabora sus propios biocombustibles. Los beneficios ambientales del uso de etanol son

1. Reduce de un 25 a 30% las emisiones de monóxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con el 10% de etanol en la mezcla.
2. Reducción neta de los niveles de dióxido de carbono atmosférico.

3. El etanol es un derivado de una fuente biológica renovable.

4. El uso de 10% de etanol en la mezcla gasolina puede resultar en una reducción neta del ozono.

De un bushel de maíz (25.5 kg) se producen 10.6 litros de etanol (2.8 galones), 8.2 kg de granos secos de destilería con solubles y 8.2 kg de CO<sub>2</sub>. El precio del maíz internacional es de \$3.39 USD/bushel y el de etanol es \$1.65 USD/galón por lo que de 2.8 galones de etanol a \$1.65 USD se obtienen \$4.625 USD, comparado con \$3.30 USD por bushel de maíz; por lo que es más rentable, por ahora para los productores de maíz, producir etanol (NDI, 2009; USGC, 2009).

Sin embargo, en todo ello debe considerarse el hecho de que transformar los cultivos alimenticios en la producción de combustible (Gráfica 3), podría tensar aún más la situación del suministro de alimentos y hacer subir los precios, confrontando los intereses de dueños de automóviles, que somos muchos, contra consumidores de alimento, que somos todos.

Para que el etanol sea un combustible viable para el mundo, no debe competir con la garantía de suministro de alimento, ni con la supervivencia de los bosques. La fuente primaria de producción de etanol no será el maíz ni las

cosechas de azúcar; serán materias primas de base celulósica, más abundantes y eficientes en su cultivo (Viorner, 2007).

### **1.3. Situación de la producción de sorgo a nivel nacional**

Al 2005 la superficie sembrada de sorgo para producción de grano fue de 1 millón 901 mil hectáreas y se lograron 5 millones 524 mil toneladas y para el 2007 se registro una superficie de 1 millón 869 mil hectáreas, produciendo 6 millones 203 mil toneladas (SIAP, SAGARPA, 2007) (Cuadro 2. Año agrícola, situación al 31 de diciembre del 2007 y Gráfica 4).

El consumo del sorgo, así como el de trigo y semillas de oleaginosas en México, ha tenido un crecimiento alto y se ve compensada la deficiencia de la oferta principalmente por productos del exterior, los suministros internos en conjunto son evaluados por la FAO en 25 millones de toneladas con un crecimiento del 6% anual (SRD, 2005). El mercado del sorgo en el país es claro ejemplo de la apertura comercial que se ha dado en el campo mexicano, debido a que además de no contar con un precio de garantía, sino de un apoyo por ingreso objetivo, se encuentra prácticamente libre de aranceles entre los países del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN).

### **1.3.1. Híbridos de sorgo**

En México existen más de 90 híbridos de sorgo, importados y nacionales, su composición química tiene una mayor variación que el maíz. Debido a la fuerte competencia que existe entre las compañías semilleras, se ofrecen para las principales zonas de producción en México una amplia gama de semillas híbridas y se les clasifica por su ciclo de producción en precoces, intermedias y tardías.

#### *1.3.1.1. Zona del Bajío*

En este mercado se ofrecen principalmente híbridos intermedios y tardíos con alto potencial de rendimiento, y tolerancia a enfermedades foliares, y la altura de planta de media a alta. En este mercado la empresa líder en ventas es Dekalb.

#### *1.3.1.2. Zona de Tamaulipas*

Esta zona es la principal productora de sorgo (Gráfica 5) y se ofrecen híbridos principalmente de ciclo precoz, intermedios-precoces e intermedios-tardíos; la principal característica que se busca en los materiales son velocidad de establecimiento del cultivo (siembra en otoño-invierno, en suelos fríos) con buena tolerancia a enfermedades foliares y sanidad en tallos principalmente a Macrophomina solani y tolerantes a la sequía y una baja altura de planta (por los

vientos de la zona). En este mercado el líder en ventas es Pionner.

En México hay más de 20 marcas de semilla que ofrecen por lo menos 5 híbridos, por lo que el número de semillas híbridas es muy grande.

En la Gráfica 6 se muestran las importaciones, el rendimiento, la superficie sembrada y la producción nacional de sorgo del 2004 al 2007.

### ***1.3.2. Situación nacional actual de la producción de etanol y futuro.***

En México, el litro de etanol pudiera ofrecerse alrededor de \$3.50 (pesos mexicanos, moneda nacional), con las reservas y apoyos del caso, tales como la exención de impuestos, pero con un importante impacto social y económico producto de la creación de empleos en áreas rurales, que son generalmente las más marginadas (Cuadro 3). Además de la productividad y de los costos, es importante definir las materias primas para producción de etanol considerando los otros usos, alimentarios e industriales de esos productos. Igualmente es relevante considerar el presente nivel de autosuficiencia en las materias primas y el balance energético.

En la Gráfica 7 se muestra la producción de etanol por cultivo, en el cual se observa que la producción de etanol

por hectárea es mayor con caña de azúcar, por lo que representa una opción interesante para México, en las zonas donde tradicionalmente se ha cultivado caña.

## **1.4. Características del sorgo**

### **1.4.1. Clasificación**

Los sorgos se dividen en dos tipos generales: los sorgos dulces, que tienen tallos llenos de un jugo dulce, y los sorgos graníferos, que generalmente tienen tallos medulosos (FAO, 2007).

La denominación de sorgo forrajero ha provocado algunas confusiones, debido a que el sorgo grano, en esencia, es un producto netamente forrajero. La diferencia del sorgo grano con el sorgo forrajero, es que en este último cultivo se corta toda la planta, ya sea cuando se encuentra verde o seca, y se puede achicalar, ensilar, henificar, etc., siempre destinado al consumo animal (SIAP, 2008).

El sorgo más común es el *Sorghum vulgare* es conocido como: *Sorgo bicolor (L.) Moench*, Sorgo común, "Guinea corn", "sorghum", "dari", "kaffir", "feterita", "durra", "milo", "hegari", "jowar", "Blumencbachia", "Sarga" o "Vacoparis" (USDA, 2009). Es una planta anual, o terófito, lo cual quiere decir que completa todo su ciclo de desarrollo durante la estación favorable, pasan la estación desfavorable en forma de semilla (UNAVARRA.es, 2007). El sorgo crece en zonas

templado-cálidas y zonas húmedas subtropicales, como África, país de origen. La ventaja de este cultivo es que se puede aprovechar tanto el grano como la planta entera para alimentación del ganado, resiste mejor las sequías, las altas temperatura, los vientos fuertes y tiene mayor capacidad de rebrote que el maíz, la desventaja es que tiene producciones menores a las de éste (5-21 toneladas de materia seca por hectárea, ton MS/ha en temporal y de 14 a 33 ton MS/ha sistemas de riego).

Se han propuesto el uso de otras variedades de sorgo, como lo explicado en el trabajo de Jordan (1950) de "South Dakota Agriculture Experiment Station", en el cual realizó un estudio comparativo entre el valor nutricional de la variedad del Sorghum vulgare denominada "Norghum" y el maíz con corderos. En ese estudio concluye que la nueva variedad de sorgo nombrado "Norghum" es palatable, además los corderos alimentados con sorgo "Norghum" tienen ganancias de peso como las de maíz. Los corderos alimentados con maíz requieren menos consumo de materia seca (CMS) para tener una ganancia diaria de peso (GDP) como las del sorgo Norghum. El contenido nutricional del sorgo Norghum es igual al de 2 híbridos de maíz estudiado, y además contiene 2% más de proteína total, la digestibilidad aparente de todos los nutrientes es menor en el sorgo Norghum que en el maíz (Jordan, 1950).

### **1.4.2. Estructura y composición del grano de sorgo**

En el Esquema 1 se muestran las estructuras de un grano de sorgo.

El endospermo amarillo con caroteno y xantofila aumenta el valor nutritivo del cereal. El grano de sorgo con testa contiene taninos en diversas proporciones según la variedad. Se ha estimado que existe una relación endospermo : germen de 8.4:1. En el grano de sorgo, el peso medio del pericarpio es del 6%, el del endospermo del 84% y el del germen del 10% (Hubbard y col., 1950).

#### **1.4.2.1. Matriz proteica**

Los granos de cereales difieren en su estructura y características de la proteína y del almidón. El comportamiento degradativo del almidón está en función del tipo de proteína de la matriz proteica que envuelve los gránulos de almidón (McAllister y col., 1990). La matriz proteica consiste en general de una glutelina alcalina soluble, y las sustancias proteínicas son prolaminas solubles en alcohol, que constituyen la mayor proporción de la proteína total del grano.

En el trigo, la matriz proteica, consiste en mayor medida de glutelinas, las cuales son solubles en ácidos y

bases débiles por lo cual son rápidamente degradadas en el rumen, y el grado de digestión del almidón es alta (> 80%), la cual no se incrementa por el hojueado al vapor (Zinn, 1994). En contraste la matriz proteica que rodea a los gránulos de almidón del maíz esta compuesta principalmente de la prolamina y zeina. Aunque la proteína zeina es soluble en alcohol, estas son insolubles dentro del medio ruminal, por lo que las proteínas zeinas son fermentadas lentamente en el rumen (NRC, 1985).

Las kafirinas son el almacén de las proteínas del sorgo en los cuerpos proteínicos del endospermo del grano, forman del 70 al 80% de las proteínas del endospermo y tienen baja concentración de lisina. Se clasifican en  $\alpha$ -,  $\beta$ - y  $\gamma$ -kafirinas de acuerdo a su peso molecular, solubilidad y estructura. Las  $\beta$ - y  $\gamma$ -kafirinas son relativamente altas en cistina y las  $\beta$ -kafirinas son relativamente altas en metionina. Los cuerpos proteínicos en la periferia del endospermo presentan una forma esférica con algunas inclusiones negras, compuestas principalmente por  $\alpha$ -kafirinas en el centro de éstas. En contraste, los cuerpos proteínicos del centro del endospermo son irregulares y tiene un gran número de inclusiones, lugar donde se encuentran las  $\beta$ - y  $\gamma$ -kafirinas (Shull y col., 1992; Leslie, 2002).

Las condiciones ambientales influyen sobre la digestibilidad de las proteínas, así como el método de procesamiento al que se somete el grano, por ejemplo, el cocinar la harina del sorgo tiene un efecto perjudicial sobre la digestibilidad según estudios in vitro (Axtell y col., 1981) e in vivo (Hamaker y col., 1986), probablemente la formación de los puentes -S-S- es la responsable de la disminución de la digestibilidad proteica del sorgo cocido (Agudel y col., 1998). Se ha demostrado que los sulfitos impiden la disminución brusca de la digestibilidad proteínica in vitro (DPIV) de los granos de sorgo sometidos a cocción y sugieren que estos compuestos pueden evitar la formación de los puentes bisulfuro entre las moléculas de la  $\gamma$ -kafirinas (prolaminas) localizadas en la superficie de los cuerpos proteínicos del sorgo. Sin embargo, no se descarta la existencia de otros factores que deberán ser estudiados (Eggum y col., 1983).

El desdoblamiento de la matriz proteica es esencial para optimizar la digestión del almidón. La factibilidad para desdoblar la matriz proteica variará con la cantidad de proteína asociada con los gránulos de almidón. Esto comprende al endospermo corneo o vítreo, así llamado por su naturaleza dura. Las proteínas del maíz y del sorgo se ha demostrado que son más resistentes al ataque y penetración bacteriana que la

del trigo y cebada (McAllister y col., 1990; McAllister y col., 1994).

El tratamiento del sorgo con una enzima proteolítica (Pronasa) mejoró la tasa de hidrólisis del almidón (Lichtenwalner, 1978; Krotaski y col., 1992) y esto fue debido a que las enzimas que degradan almidón fueron más efectivas una vez que la matriz proteica estaba desdoblada. La digestión de aislado de almidón de maíz y cebada se ha observado que es similar (McAllister y col., 1993), aunque el grano de cebada es mas degradado que maíz. Lo que sugiere que la matriz proteica de zeina que esta envolviendo los gránulos de almidón es el factor más importante en la tasa y grado de digestión del almidón de maíz.

Harbers (1975), utilizando microscopia electrónica observó que el procesamiento de grano de sorgo altera la estructura de los gránulos de almidón y lo hace más susceptible al ataque de enzimas amilolíticas. Al evaluar grano de sorgo procesado (hojueleado al vapor, micronizado, reventado) la degradación amilolítica por amilasas pancreáticas purificadas y microorganismos ruminales, encontró que los procesos de hojueleado al vapor o micronizado alteran los gránulos de almidón y producen pequeños conglomerados de almidón, el reventado expande los gránulos de almidón. Los cuerpos proteínicos permanecen

intactos, y la proteína que rodea los gránulos de almidón individualmente es desdoblada. Interacciones entre almidón y proteína pueden continuar después de que el grano fue procesado como también hay evidencia de que almidón gelatinizado puede formar complejos con proteína (Thorne y col., 1983). Así nos encontramos con cereales que presentan una elevada tasa de degradación (cebada y trigo) y otros con una reducida degradabilidad ruminal (maíz y sorgo), debida a las características físico-químicas de la matriz proteica que envuelve a los gránulos de almidón.

#### **1.4.2.2. Almidón**

El almidón es el principal almacén de polisacáridos y fuente de energía para los animales, representa cerca del 75% de los granos, tubérculos y raíces. La estructura y composición del almidón de los cereales y su interacción con las proteínas juegan un papel importante en la digestibilidad y valor nutricional de los granos (Botkin y col., 1971).

El almidón está compuesto por 2 tipos de moléculas: amilosa (D-glucopiranosas unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$  1-4, formando cadenas lineales de 200 a 2,500 unidades) y amilopectina (D-glucopiranosas unidas con enlaces glucosídicos  $\alpha$  1-4, con ramificaciones cada 25 a 30 unidades con enlaces glucosídicos  $\alpha$  1-6). La amilosa puede llegar a ser hasta el 80% de la molécula, dependiendo de la especie y

variedad; pero la mayoría de los cereales contienen del 20% al 30%. Del 56% al 73% del peso de un grano de sorgo es almidón (Jambunathan y Subramanian, 1988; Duran y col. 2004). El almidón se organiza en gránulos, en los cuales la amilosa y amilopectina se unen por puentes de hidrogeno, dependiendo del tamaño y organización de los gránulos se dan características diferentes al almidón; el sorgo y el maíz presentan gránulos simples, además de que no son diferenciables a nivel microscópico. Alrededor del 70-80% del almidón del sorgo es amilopectina, mientras que el restante 20-30% es amilosa (Deatherage y col., 1955). Factores tanto genéticos como ambientales influyen en el contenido de amilosa del sorgo.

La gelatinización de los almidones es irreversible, los gránulos pierden su estructura original. Durante este proceso los gránulos absorben agua y se hinchan, por lo cual la amilosa es más susceptible a la acción de enzimas, pero depende del tipo de grano, contenido de humedad y tipo de procesamiento (Botkin y col., 1971).

Se ha observado una utilización más eficiente del almidón en el rumen y retículo de las ovejas respecto a la digestión intestinal (Armstrong y Beever, 1969), por lo que una menor actividad amilolítica en el intestino delgado, podría tener menor efecto en la digestión total del almidón.

Además Wheeler y Noller (1977) llegaron a la conclusión que el pH fecal no tiene relación con la cantidad de almidón en estas, y que los amortiguadores, como las piedras calizas de magnesio, pueden reducir las pérdidas de almidón en heces.

El contenido de almidón es muy variable de acuerdo al tipo de alimento, el maíz y el sorgo presentan la mayor concentración, sin embargo, al analizar la degradabilidad efectiva y el efecto de los tratamientos en éstos, se puede observar que el maíz y el sorgo enteros presentan una menor degradabilidad la cual se incrementa al moler el grano, pero en el caso del maíz el quebrado no modifica la degradabilidad (Andrade, 2006).

Es importante considerar que el almidón, de la misma forma que la proteína, presentan un comportamiento degradativo particular, lo cual depende de la composición del mismo (relación entre amilosa y amilopectina) y es particular para cada cereal (Offner y col. 2003, Cuadro 4) y al tratamiento al que es sometido. La digestibilidad del almidón es superior con una concentración de amilosa baja, como la del sorgo ceroso, en comparación con los granos normales de sorgo, maíz y mijo perla (Hibberd y col., 1985).

Las características de la cubierta de la semilla y la pared celular pueden alterar la digestión del almidón. Además el endospermo periférico se caracteriza por células

rectangulares largas, que son muy compactas y que contienen gránulos amiláceos y sustancias proteínicas dentro de la matriz proteínica, el almidón contenido en estas células no está, por lo tanto, fácilmente disponible para la digestión enzimática, a menos que la proteína que lleva asociada también se reduzca (Chandrashekhar y Kirleis, 1988). En el sorgo, el número de sustancias proteínicas baja a medida que aumenta su contenido amiláceo desde la zona periférica al núcleo central donde se localiza el endospermo harinoso.

Duran y col. (2004) reportan que el almidón en 21 diferentes genotipos de sorgos resistentes a sequía no mostraron diferencias en la degradabilidad ruminal *in vitro* entre genotipos (susceptibles 57.5%; intermedios 58.2%; resistentes 58,8%). La concentración media de almidón digestible fue de 39.7% (29.3-48.7%), sin diferencias entre genotipos (38.9% susceptibles; 39.8% intermedias; 40.6% resistentes), presentándose variación dentro de los genotipos. En los rumiantes alimentados con dietas basadas en granos, la digestibilidad ruminal del almidón influye significativamente en el rendimiento productivo (Stock y col., 1987; Ortega y col., 2003), por lo que se han desarrollado diversos procesos (rolado, hojueleado, aplicación de enzimas, etc.) para incrementar la digestión del almidón en el rumen (Rojo y col., 2001). Estos procesos

tienen un costo, el cual podría reducirse si se seleccionan variedades de sorgo con mayor contenido de almidón degradable en el rumen (Duran y col. 2004).

La composición química del sorgo sugiere que hay menos diferencia en el valor alimenticio de la que realmente existe. El almidón, representa el 70% de la materia seca, y la proteína es menos digestible en el sorgo que en otros granos. La velocidad de digestión del almidón del sorgo es lenta a nivel ruminal en comparación con otros granos. Así, el procesamiento del sorgo aumenta la velocidad y el grado de la digestión de los almidones, lo que aumenta su valor alimenticio (Stock y Mader, 2005).

Corderos alimentados con dietas altas o bajas en almidón (50 y 400 g/kg, respectivamente) y altas o bajas en energía (1.2 o 1.8 Mcal/kg de energía neta de mantenimiento, ENm) según el NRC (1985) y debido a que el almidón fecal fue de 1 g/100 g MS para los corderos alimentados con dietas altas en almidón y energía, se asume que la digestión fue casi total para todos los tratamientos (Swanson y col., 2000).

En ensayos de alimentación en ratas (Elmalik y col., 1986) y rumiantes (Sherrod y col., 1969; Nishimuta y col., 1969) se ha confirmado la superioridad del sorgo ceroso sobre los tipos normales de grano en cuanto a digestibilidad de la materia seca y energía (FAO, 1995).

Antes se pensaba que la limitada digestión del sorgo se debía a las concentraciones de taninos, pero en la actualidad con variedades sin taninos aun se presenta la baja digestibilidad.

### **1.4.3. Inhibidores nutricionales y factores tóxicos**

Los polifenoles se hallan distribuidos en las plantas, no intervienen directamente en ningún proceso metabólico y, por lo tanto, se consideran como metabolitos secundarios. Algunos compuestos polifenólicos desempeñan una función como productos químicos de defensa y protegen a la planta contra los ataques de predadores herbívoros, hongos patogénicos y hierbas parasitarias. Los compuestos fenólicos del sorgo pueden clasificarse en ácidos fenólicos, flavonoides y fenoles poliméricos condensados, conocidos como taninos (FAO, 1995). Los taninos se localizan en vacuolas combinados con alcaloides y proteínas (Ángel y col., 2003). En el animal se combinan con proteínas exógenas y endógenas, inclusive enzimas del tracto digestivo, y por lo tanto afectan la utilización de las proteínas y de los carbohidratos de la dieta, la eficiencia alimenticia, la energía metabolizable, la biodisponibilidad de aminoácidos, reduciendo el crecimiento, principalmente en los animales no rumiantes y en menor grado a los rumiantes (Harpster y col., 1975).

## **2. Dietas altas en granos**

### **2.1. Características**

En México la fuente más abundante y económica para alimentar a la industria ganadera lo constituyen los pastos y forrajes; sin embargo, las variaciones estacionales en calidad, cantidad, distribución y producción de estos, así como las exigencias particulares del tipo de mercado en cuanto a calidad de carne, obligan al productor a buscar nuevas opciones alimenticias para cubrir las deficiencias nutricionales que, generalmente, se presentan durante el periodo de estiaje (Enríquez y col., 1999). Por lo tanto la utilización de granos que aportan energía, como maíz y sorgo, son la base de la mayoría de los esquemas de complementación.

Respecto a los ingredientes utilizados en la alimentación animal, el grano de sorgo es el principal cereal utilizado en la elaboración de alimento para animales en México (COSEMEX, 2008). En la engorda de ovinos es común utilizar grano entero, quebrado y molido. La dieta con grano entero es una dieta temporal de bajo costo, la cual permite la finalización temprana de corderos para tomar ventaja de las oportunidades del mercado, debido a que no requiere mayor gasto para procesar el grano (Hawkins, 2007). En ocasiones se utilizan combinaciones de grano procesado.

Buchanan (1968) no encontró diferencias entre sorgo quebrado o expandido, sobre el comportamiento productivo de ovinos. Sin embargo existen otros métodos alternativos para el tratamiento del sorgo que no se han evaluado en dietas para ovinos, como la reconstitución y ensilaje, por lo cual es importante determinar los efectos de diferentes métodos de tratamientos simultáneamente, ya que al comparar pruebas de comportamiento existen diferentes factores que afectan el comportamiento como la raza y edad de los animales, así también factores de la dieta, como el tipo y nivel de forraje, método y grado de procesamiento del grano, entre otros (Corona y col., 2005).

Dietas proporcionadas a libre consumo basadas en el uso de granos permiten obtener la máxima eficiencia de los animales debido a un consumo de elevadas cantidades de carbohidratos solubles, como almidones y azúcares, produciendo un aumento ruminal de la concentración del propionato (Luther y Trenkle, 1967), el cual es el estimulante principal para la secreción de insulina (Manns y col., 1967), además de ser un ácido graso volátil gluconeogénico, lo cual permite mayor disponibilidad de energía para ganancia de peso.

Algo importante de mencionar es el periodo de adaptación al cual deben ser sometidos los animales, esto es, que al

menos durante dos semanas se aumente gradualmente la concentración del sorgo en la dieta.

## ***2.2. Patologías***

### ***2.2.1. Acidosis Ruminal***

Las consecuencias de un manejo inadecuado del grano, tanto en cantidad, calidad, forma de presentación o la falta de adaptación a éste, son las posibles causas de acidosis en forma crónica o subaguda (Kleen y col., 2003). Esto es debido a que el consumo elevado de almidón en dietas bajas en fibra propicia la caída del pH ruminal a 6 o menos, facilitando el crecimiento de estreptococos y lactobacilos, que fermentan activamente los carbohidratos en el rumen, lo que provoca la síntesis rápida de glucosa, piruvato y ácido láctico. El exceso de ácido láctico ocasiona una reducción en la motilidad ruminal y una disminución en la absorción de ácidos grasos volátiles debido a la queratinización del epitelio ruminal y por lo tanto se produce una disminución en la degradación de la fibra detergente neutro, pérdidas de energía y reducción de la ganancia de peso, así como la disminución en el consumo de alimento, por lo cual se presenta una disminución en la respuesta productiva. El exceso de ácido láctico es absorbido y se incorpora a la circulación sanguínea, en un inicio el bicarbonato puede neutralizar la caída del pH sanguíneo pero el incremento del

ácido láctico circulante produce finalmente una acidosis metabólica (Murguía y col., 2003), produciendo laminitis, poliencefalomalacia, rumenitis y abscesos hepáticos que en casos agudos pueden llevar a la muerte de los animales (Esquema 2).

En un estudio realizado por Murguía y col., (2003) concluyen que la rumenitis y laminitis ocasionadas por acidosis ruminal repercute en una disminución en la ganancia de peso, debido a una reducción en el consumo y que el porcentaje de digestibilidad de los nutrimentos de la dieta no se vio modificado.

### **2.2.2. Enterotoxemia**

También conocida como "riñón pulposo" o "vasquilla" es una enfermedad que puede llegar a producir grandes pérdidas. La bacteria *Clostridium perfringens*, (Tipo D) es la causante de la enfermedad, la cual es desencadenada por un cambio brusco a una dieta alta en concentrado, por lo cual se produce un aumento en la población de *Clostridium perfringens*, la cual es flora normal del intestino de rumiantes, y como consecuencia aumenta la cantidad de toxinas que dan como resultado la muerte del animal. No es una enfermedad contagiosa, pero puede afectar a varios animales debido a un deficiente manejo alimenticio. Los que se ven afectados principalmente son los corderos en engorda más

desarrollados. Los síntomas son apatía, dolor abdominal, rechinan los dientes, presentan incoordinación al caminar, espuma en la boca, inflamación abdominal y pueden llegar a presentar convulsiones, por lo cual puede confundirse con colibacilosis, disentería o poliomielitis. Algunas veces llega a ser tan aguda que no se presenten signos.

El tratamiento puede ser con antitoxinas y antibiótico, pero es mejor prevenir su presentación, la forma de hacerlo es aplicar una vacuna subcutánea 30 días antes del parto para la transmisión de anticuerpos de la madre a la cría, si la madre no fue vacunada la cría deberá recibir dos dosis con diferencia de un mes con refuerzos anuales, y los que recibieron inmunidad pasiva de la madre deben ser vacunados a las 4 semanas de edad, con refuerzo a las seis semanas. Los animales para engorda que no fueron tratados previamente deben ser vacunados antes del cambio de alimento y recibir un refuerzo 3 semanas después. Otros puntos importantes para la prevención es proveer dietas homogéneas, hacer un periodo de adaptación para el cambio de dietas basadas en forrajes hacia dietas altas en concentrado, mantener horarios de alimentación, y que el espacio de comedero sea apropiado para el número de animales.

### **2.2.3. Urolitiasis**

La urolitiasis es una afección en la que en el tracto urinario se forman piedras o cálculos. Este fenómeno es común en poblaciones ovinas que consumen dietas altas en proteína. Se ha atribuido esto a varios factores, promotores o inhibidores del proceso litogénico. Hay pruebas que sugieren que en las génesis de los cálculos urinarios intervienen algunos oligoelementos (Eusebio y Elliot, 1967; Satyanarayana y col., 1988; FAO, 1995). El sorgo, comparado con otros alimentos, contiene relativamente más Molibdeno. Este elemento, como parte integrante del sistema de la xantina oxidasa, interviene en la síntesis del ácido úrico, componente de los cálculos urinarios.

### **3. Métodos de procesamiento de granos**

Al procesar el grano se rompe la cutícula que cubre la semilla y se producen partículas de menor tamaño, con lo cual se aumenta la superficie de digestión, lo que disminuye el tiempo requerido para ésta. Ciertos métodos rompen la matriz proteica del endospermo y permiten así un acceso enzimático más fácil a los gránulos del almidón (Rooney y Pflugfelder, 1986). Existen procesos que, asimismo, presentan beneficios

adicionales como: mejorar el sabor, incrementar la eficiencia alimenticia, aumentar la densidad o mejorar las características de manejo de los ingredientes, por ejemplo el hojueleado o rolado al vapor (Meosa, 2006).

Es conocido que el sorgo tiene que ser procesado para ser aprovechado eficientemente por los animales. La velocidad de digestión del almidón del sorgo es lenta a nivel ruminal en comparación con otros granos. El sorgo molido o rolado seco tiene un valor nutricional en promedio de 90% con respecto al maíz rolado seco. Así, el procesamiento del sorgo aumenta la velocidad y el grado de digestión de los almidones dando como resultado un aumento del valor alimenticio (Stock y Mader, 2005). Horadagoda y col. (2008) obtuvieron una mayor degradabilidad de la materia orgánica (MO) en rumen para los granos procesados que para granos enteros. La información del grano de sorgo entero, molido (García y col., 2008), reconstituido y ensilado en dietas para ovinos es limitada.

### ***3.1. Tamaño de partícula***

Para la determinación del tamaño de partícula se pueden realizar técnicas de microscopía, sedimentación, tamizado, detección eléctrica de la zona, fase Doppler y distribución de la longitud y diámetro de la fibra en forrajes (ECB, 2009).

La determinación del tamaño de partícula mediante el uso de criba se conoce como tamizado y es un método relativamente exacto, esto se debe a que se utiliza un aparato que realiza el movimiento, siendo el movimiento ideal giros horizontalmente a la vez que se realizan movimientos vibratorios ascendentes y descendentes. Es importante que la muestra tomada sea representativa, lo cual se logra mediante un buen mezclado y muestreo. Generalmente para el análisis del tamaño de partículas de granos se grafican histogramas, curvas acumulativas o curvas de frecuencias (Kaufman, 2006).

Según el tratamiento que se le de al grano éste varía en su tamaño, lo cual optimiza la disponibilidad de nutrientes, pero para tomar decisiones hay que tomar en cuenta la composición química del grano (Armstrong y Beever, 1969). Los

Cuadro 5 y 6 presentan diferentes clasificaciones según el tamaño de partícula del sorgo.

Se han realizado varios estudios sobre la importancia e influencia del tamaño de partícula de los granos en cerdos y aves, esto debido a que la base de la alimentación de éstos es de granos (Robert y col., 2002). En ovinos se asume que no hay diferencia entre ofrecerlo entero, quebrado o molido (Petit, 2000; García y col., 2008; CNCPS, 2009), sin embargo en otros estudios han reportado diferencias en el comportamiento productivo o características de la canal (Buchanan, 1968; Pérez, 2008)

### ***3.2. Rolado en Seco (Dry-Rolled)***

Consiste en un aplastado de los granos con rodillos que giran en sentido contrario. Una partícula grande producida durante el rolado puede tener múltiples fracturas, exponiendo una gran superficie de digestión, se modifica únicamente el tamaño de partícula, no hay cambios químicos. A pesar de que el tamaño de partícula se define por el tamaño de la criba utilizada, es reconocido que la distribución del tamaño de partícula no es homogénea, varía considerablemente. Además influyen otras variables como el contenido de humedad de los granos, y velocidad y calibración de los rodillos.

Según Petit (2000) no hay diferencia entre el maíz entero y el rolado ( $P > 0.05$ ) sobre el consumo de materia

seca, ganancia diaria de peso (GDP), eficiencia alimenticia (EA) y peso de la canal de corderos. La duración de la engorda (23-46kg) y las características de las canales fueron similar ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos. Keating y col., (1965) en corderos alimentados con dietas altas en energía con sorgo rolado en seco obtuvieron mayor GDP (0.290 kg/d) ( $P > 0.05$ ), y mejor eficiencia alimenticia (0.125 kg/d) que dietas a base de trigo rolado. Stock y Mader, (2005) informaron mejor conversión en bovinos con rolado grueso que con rolado fino (Cuadro 7).

### ***3.3. Quebrado (Cracked)***

Consiste en romper el grano mediante un molino de martillos. El grano quebrado puede ser grande (mayor que la mitad de la longitud media del grano entero); medio (la mitad de este); o pequeño (menor o igual que la cuarta parte de la longitud). Al igual que el rolado en seco solo se modifica el tamaño de partícula, no hay cambios químicos y a pesar de que el tamaño de partícula se define por el tamaño de la criba utilizada o la distancia entre los rodillos, la distribución del tamaño de partícula no es homogéneo.

Bowen y col. (2007) mencionan que quebrando el grano de sorgo y complementándolo con nitrógeno no proteínico (NNP) no hay mejora ( $P < 0.05$ ) en peso final (PF), comportamiento productivo o peso de la canal de corderos o disminución del

tiempo de engorda a 18 kg de peso vivo (PV); sin embargo la profundidad de grasa dorsal fue mayor ( $P < 0.05$ ) comparado con sorgo entero sin NNP. Se reporta que el grano quebrado contribuye a baja productividad por producir problemas digestivos como acidosis subclínica (Umberger, 2009).

### **3.4. Molido (Ground)**

Consiste en fraccionar el grano mediante un molino de martillos, donde el tamaño de partícula esta determinado por la criba, molino, tipo de grano y contenido de humedad. Al igual que el rolado en seco y el quebrado, sólo se modifica el tamaño de partícula, no hay cambios químicos y a pesar de que el tamaño de partícula se define por el tamaño de la criba utilizada, la distribución del tamaño de partícula no es homogéneo.

Pérez (2000) demostró que ovinos consumiendo sorgo entero ocupan más tiempo en rumiar y tienen pH ruminal más alto que con sorgo molido. García y col. (2008) reportan que no se afecta el consumo de materia seca (CMS), la ganancia diaria de peso (GDP) y la conversión alimenticia (CA) al sustituir sorgo molido por sorgo entero, en dietas con 70% de inclusión de grano de sorgo en ovinos castrados cruce Rambouillet x Suffolk, con peso inicial de  $20 \pm 5$  kg, por 60 días, con lo cual concluyen que se puede sustituir una parte

del sorgo molido por sorgo entero sin afectar la respuesta productiva (Cuadro 8).

### **3.5. Peletizado (Pelleting)**

El peletizado es un procesamiento húmedo y con calor, la temperatura que alcanza el producto es de 82 a 88°C, con humedad de 15.5 a 17% durante 30-45 segundos. Al utilizar calor se logra la gelatinización de los almidones, la plastificación de las proteínas y además disminuye el número de agentes patógenos que pudieran estar contaminado el producto; mientras que con la humedad hay una mayor lubricación, ablandamiento y gelatinización de los almidones. Una vez que el alimento ha sido acondicionado con humedad y temperatura, es forzado a pasar mediante un rodillo por un dado de diámetro específico, después del cual sale el alimento en forma de "churro", para ser cortado al tamaño adecuado. Finalmente, el pellet debe ser secado para evitar que la humedad afecte al producto final (López, 2002). En este proceso hay que considerar la posible variación de la cantidad de calor y humedad aplicados antes de la peletización y la cantidad de calor generado al peletizar, porque puede existir una variación en el mecanismo según el ingrediente (Burt, 1973).

Jordana y col, (2004) evaluaron la GDP en corderos, la cual fue de 0.170, 0.150 y 0.150 g. para pellets comerciales

de sorgo, sorgo entero y trigo entero respectivamente, aunque no fue significativo ( $P > 0.05$ ), pero los corderos se adaptaron mejor a los pellets, por lo cual empezaron a ganar peso más temprano. Evan y col., (1997) mencionan que al pelletizar el grano de sorgo disminuye el CMS 5%, pero incrementa la producción de leche un 3% en bovinos.

### **3.6. Extrudizado (*Extruding*)**

En este proceso el grano previamente molido y acondicionado con vapor (20-30% de humedad), se hace pasar a través de los agujeros de una matriz a presión por medio de un tornillo sin fin que gira a cierta velocidad. La fricción hace que la temperatura se incremente (120-150°C), pero el agua no se transforma en vapor, al salir de la matriz por el cambio de presión el agua si se evapora, por lo cual el almidón se gelatiniza y se expande, tornándose digestible. Una de las principales diferencias entre la extrusión y la pelletización radica en que la extrusión puede ser mediante un procesamiento en húmedo o en seco, además de que la temperatura que alcanza el alimento en el extrudizado es considerablemente mayor, por lo que el producto final podría ser considerado prácticamente estéril (López, 2002).

Gaebe y col. (2007) reportan mejor GDP ( $P < 0.49$ ) y mayor CMS ( $P < 0.001$ ) en bovinos con sorgo rolado en seco que sorgo o maíz extrudizados. El rendimiento, grado de calidad y

área del ojo de la chuleta fue menor ( $P < 0.09$ ) en bovinos alimentados con sorgo o maíz extrurizado.

### **3.7. Micronizado (*Micronizing*)**

El micronizado es un tratamiento que se le da al grano mediante el uso de radiación infrarroja seguido por extrusión. La exposición del grano a la radiación infrarroja alrededor de un minuto produce un calentamiento interno del grano por lo cual se produce la "explosión" de una pequeña parte del grano. Con este procesamiento no se produce la gelatinización de los almidones (Burt, 1973).

La digestión microbiana en pruebas *in vitro* fue mas rápida para sorgo hojueleado al vapor y micronizado que para sorgo rolado o entero (Hinman y Johnson, 1974). Shiau y Yang, (1982) estudiaron el efecto de la temperatura sobre el grano de sorgo, en donde el almidón más digestible fue el tratado a 250°C, seguido por el tratado a 102°C y el sorgo sin tratar; pero la solubilidad de la proteína fue disminuyendo al incrementarse la temperatura: 120°, 250° y 282°C, además de que incrementado la temperatura en el proceso se destruye más lisina.

### **3.8. Rolado con Vapor (*Steam Rolled*)**

En este proceso se produce la gelatinización de las células de almidón complejas, incrementando su digestibilidad, a través de la hidratación y cocción,

mediante tratamiento de vapor a presión y posterior hojueleado mediante rodillos (Alomar y col., 2001). El proceso de rolado inicia con el cocimiento con vapor del grano a través de un cocedor, durante un tiempo de 3 a 5 minutos a una temperatura de 85-90°C, para permitir que la humedad y el calor penetren en el grano, incrementando su valor de gelatinización. La operación de rolado se lleva a cabo inmediatamente después del tratamiento con vapor, alimentando el grano a la roladora en donde es aplanado entre dos rodillos corrugados de gran diámetro lo que resulta en una hojuela delgada o fina (Meosa, 2006). Durante el proceso se produce el rompimiento de la matriz proteica, permitiendo la conversión de almidones insolubles en azúcares. Otra ventaja del rolado es que durante el desarrollo del proceso las pérdidas de grano son casi nulas. Como resultado, la densidad de la masa de la hojuelas es de 40 a 45% menor al grano original (Meosa, 2006).

Hay estudios que demuestran un incremento del 9 al 12% en ganancia energética y del 10 al 14% de mayor eficiencia alimenticia en ganado alimentado con granos procesados a través de un sistema de rolado (Meosa, 2006). Comparando sorgo rolado en seco, el sorgo rolado al vapor aumenta ( $P < 0.05$ ) la digestibilidad aparente y ruminal de la materia orgánica (MO) en bovinos y el método de procesamiento no

tiene efecto en la digestibilidad de la proteína cruda (PC), proteína bacteriana o digestión total de proteína. (Rahnema y col. 1987). El Cuadro 9 resume los resultados de varios estudios.

### ***3.9. Hojueleado al Vapor o Presión (Steam Flaked)***

El proceso consiste en exponer el grano a un cocimiento con vapor, de la misma manera que con el rolado con vapor, pero alrededor de 15 a 30 minutos a una presión atmosférica de 45 a 65 libras por pulgada cuadrada. El contenido de humedad se eleva a 18-20%, gelatinizando el almidón en un 50% (Rolland, 2003)

Buchanan (1968) observó que los borregos digieren mejor que los bovinos el sorgo tratado de esta forma. Keating y col. (1965) también encontraron que digieren mejor el rolado en seco los ovinos que los bovinos. Los borregos digieren mejor y utilizan más la energía metabolizable de los granos enteros que los bovinos, pero no hay diferencia en cuanto a procesos al vapor o reconstitución.

Las heces de bovinos con grano entero contienen mayor nivel de almidones que los bovinos alimentados con granos hojueleados al vapor o reconstituido (Buchanan, 1968). La desventaja de este proceso son los altos costos en la inversión de una roladora y el gasto energético de la caldera para el proceso de cocción. Además por el tamaño del grano de

sorgo, se observa una gran variabilidad en la eficiencia del hojueleado al vapor. Chen y col. (1994) encontraron que el sorgo hojueleado al vapor aumenta la producción de leche, las proteínas y la grasa de la leche comparado con sorgo rolado en seco, así como una mayor eficiencia alimenticia (EA), digestibilidad total de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), almidón, fibra detergente acida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN).

### ***3.10. Grano Húmedo o Reconstituido y Ensilado***

El ensilaje de grano húmedo permite cosechar el grano con un elevado contenido de humedad y conservarlo de forma que no pierda su valor nutritivo (Chalkling y Brasesco, 2003); y la reconstitución involucra mezclar granos con agua para aumentar el contenido de humedad al 30% y almacenarlo en condiciones de anaerobiosis alrededor de 14 a 21 días, ensilaje (Cuadro 10). Durante la reconstitución y el ensilaje el grano absorbe oxígeno del agua y de la atmósfera, iniciándose la germinación, proceso que involucra la hidrólisis de la proteína y carbohidratos del endospermo del grano (Balogun y col., 2000). Al igual que con la reconstitución, el grano húmedo puede ser almacenado entero o molido. Sin embargo para una mejor conservación en un silo bunker, el grano húmedo tiene que ser rolado o molido para

obtener una mejor compactación. El grano húmedo entero puede producir hongos o deteriorarse (Cuadro 11).

Con el objetivo de evaluar la respuesta de distintas fuentes de grano húmedo y diferentes niveles de oferta de los mismos, Acosta (2006) evaluó el efecto de tres fuentes de grano húmedo, maíz, sorgo y trigo, ensilados (Cuadro 12 y Cuadro 13), evaluó la producción y composición de la leche; variación de peso y condición corporal en vacas lecheras en producción, y concluyó que los ensilajes de grano húmedo en general muestran una muy buena aptitud productiva.

Se espera un menor CMS debido a la humedad que contiene el grano (Harpster y col., 1975; Deerfor y col., 2001; Cuadro 14). Stock y Mader, (2005) en bovinos reportan una menor CMS y CA comparando con rolado seco y copos (Cuadro 15).

Se reporta que existe una relación positiva entre la EA y el contenido de humedad del grano en bovinos (Ware y col., 1977; Stock y col., 1987). Los resultados que se obtienen con sorgo alto en humedad, ya sea reconstituido o cosechado húmedo, comparados con el procesado seco, son alrededor de un 8.5% a un 20% de mejora en la conversión y no hay ninguna diferencia en la ganancia diaria en bovinos según Stock y Mader (2005). Sin embargo es más fácil la contaminación con hongos productores de toxinas (Beeson y Perry, 1958; Chalkling y Brasesco, 2003) que afectan la productividad del

animal o causan problemas metabólicos (Harpster y col., 1975), por eso es recomendable utilizar conservadores como ácidos orgánicos o amoníaco para evitar el crecimiento de hongos, los cuales pueden producir perdidas en este tratamiento.

El grano de sorgo entero reconstituido y el sorgo alto en humedad han demostrado mejoras constantes en la eficiencia alimenticia (CMS/GDP kg) del 6 al 18%, sin diferencias significativas en el índice de ganancia en comparación con sorgo molido o rolado en bovinos de engorda (McGinty y col., 1968; Newsom, 1968; White, 1969; Riggs y McGinty, 1970) (Cuadro 16). Resultados similares se han observado con el maíz alto en humedad alta (Baker, 1967; Larson y col., 1966; Blaxter y Martin, 1969).

La anaerobiosis requerida se puede lograr en un silo bunker o de alambre, recubiertos en su interior con plástico, y en todos los casos el grano debe colocarse bien distribuido en toda la superficie y aplastarlo varias veces para que se compacte firmemente, si es rolado o molido se obtiene una mejor compactación con lo cual se limita la cantidad de oxígeno presente y, una vez finalizado el silo, deberá taparse. Se ha sugerido que grano de sorgo reconstituido con humedad del 30% tienen una eficiencia superior que con 22% de

humedad (Hernández y col., 2007; Balogun y col., 2005) (Cuadro 17).

El grano de sorgo reconstituido tiene que ser fermentado como mínimo durante 20 días para grano quebrado y 40 días para grano entero antes de ser abierto (Hernández y col., 2007). Su principal desventajas es la dificultad de su posterior comercialización y el requerimiento de una estructura especial de almacenamiento, y en el caso de no realizar un correcto ensilado, las pérdidas pueden llegar a ser elevadas. Se puede realizar la extracción del ensilado en forma manual o mecánica, pero lo más importante es mantener la anaerobiosis del resto del ensilado, es claro que lo expuesto al aire sufrirá cambios, pero si se mantiene cubierto y se mantiene la presión el daño será mínimo.

Beretta y col. (2008) no encontraron diferencias con grano de sorgo entero y hojueleado al vapor, en borregas merino de 7 años de edad. Con el micronizado no se mejoró el consumo (Jordan, 1950); con quebrado y expandido no se observaron diferencias en GDP en comparación con el sorgo ensilado (SE) y con la adición de enzimas o monensina (Buendía y col., 2003; Mora y col., 2002; Rojo y col., 2001) no presentó diferencia. Con la expansión del grano (Bowen y col., 2007), aunque se aumentó la digestibilidad del almidón, no mejoró, el crecimiento y la canal, comparado con dietas a base de

grano de sorgo; sin embargo Lichtenwalner (1979) observó que el valor alimenticio del grano de sorgo es mejorado de un 12 a un 15%. Cuando se procesa utilizando agua, como en el ensilado y el hojueado al vapor, se mejora la digestibilidad del almidón y del nitrógeno (Hibber y col., 1985) y se disminuyen el CMS (Harpster y col., 1975; Deerfor y col., 2001). El reconstituir el grano aumenta la digestibilidad total de la materia orgánica llegando a tener un valor de energía neta (EN) del 96% respecto al valor del maíz hojueado al vapor (Huck y col., 1998, Cuadro 18), aunque en algunas variedades la concentración de taninos limita el aumento de la digestibilidad del almidón (Hibber y col., 1985). Se tienen reportes donde se demuestra que el grano de sorgo es más susceptible al deterioro comparado con el maíz (Lichtenwalner, 1979), por lo cual es importante que desde el momento de la cosecha hasta el momento del consumo se tenga un buen manejo de éste.

Hay procesamientos que son más económicos, como el molido, pero no se alcanzan los niveles óptimos de digestión de almidón (Sullins y col., 1971) y otros más caros o difíciles como el hojueado y no necesariamente son mejores que el entero, como se mencionó anteriormente. La reconstitución es un proceso que se realiza a nivel de la granja, se requiere

invertir poco tiempo y los materiales utilizados pueden ser reutilizados.

#### **4. Ovinocultura**

##### **4.1. Situación mundial**

A pesar de los mejores precios de la lana y la carne ovina verificados durante gran parte del año 2007, el inventario ovino volvió a caer, ubicándose en 1.086 millones de cabezas en comparación con 1.092 millones de cabezas del 2006 (FAOSTAT, 2007; Cuadro 19).

La carne ovina tiene una baja participación en la producción mundial de carnes, ya que solo representa el 3.06% (FAOSTAT, 2009). La producción total de carne ovina en canal durante el 2007 fue de 8.303 millones de toneladas, 5.04% mayor al 2005 (FAOSTAT, 2009). La región de Oceanía, responsable de más del 90% de las exportaciones de carne ovina, mantiene su oferta exportable en niveles históricamente bajos (Tambler, 2008). La carne ovina representa el 4.99% del consumo mundial de carne (NFF, 2009), el principal consumidor es Nueva Zelanda con 32 kg/hab/año (Ministerio de Agricultura, 2008).

La escasez de oferta de carne ovina, más la reducción en el inventario de ovinos en los países exportadores y un aumento en la demanda de los E.U.A. y países del medio oriente, mantiene al cordero en el rubro de carne especial, lo cual le ha permitido mantener y aumentar su valor en términos reales, mientras que los precios de otras carnes tienden a disminuir.

La baja oferta del comercio de Australia y Nueva Zelanda cubriría los mercados de mejores precios (E.U.A. y Europa), lo que dejaría oportunidades en otros mercados (Medio Oriente, Asia, África, etc.) (Tambler, 2008).

#### ***4.2. Situación Nacional***

La producción de carne de ovino representa el 0.89% de todas las carnes producidas en México (SIAP, 2009), pero actualmente, es considerada una actividad rentable bajo determinados sistemas de producción y características particulares, debido a que tiene un mercado demandante y en continuo crecimiento, el cual aumentó su producción 5.9% del 2007 al 2008 (SIAP-AMCO, 2006).

El inventario ovino mexicano se calcula en 7.2 millones de cabezas (Huerta, 2008), y la producción nacional del 2004 fue de 46,300 toneladas (Rancourt, 2005); sin embargo el consumo de carne fue de 86,035 toneladas para el 2008, en barbacoa, pastor, birria, lechal, cabrito y cortes (Arteaga,

2008), por lo que según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 39,735 toneladas fueron importadas; (SIAP-SAGARPA, 2007); de lo cual el 96% es producto congelado proveniente de Nueva Zelanda (49%), Australia (41%), E.U.A. (6%) y Chile (4%); y 4% en pie, destinado para abasto y para pie de cría, proveniente de Australia (95%), Nueva Zelanda (3%), E.U.A. (1%) y Canadá (1%) (Arteaga, 2008). La disponibilidad de carne per-cápita de carne de ovino en el 2004 fue de 0.8 kg (INEGI, 2007). Esta claro que México es un país deficitario en aproximadamente 60%, y lo ubica como principal importador de carne ovina de América Latina y el número 6 a nivel mundial, esto se debe al déficit en la producción interna, y por otro lado a que es más barato importar (Gráfica 8).

La producción de carne ovina en el territorio mexicano se distribuye de la siguiente manera: 55% en la zona centro, 23% en la zona norte y 16% en la zona sur. Las razas de mayor importancia son: Pelibuey, Blackbelly, Dorper y Katahdin. En el norte del país predominan razas cara blanca, sobretodo Rambouillet, en el centro las cruza cara negra, Suffolk, Hampshire y en las áreas tropicales y subtropicales hay ganado de pelo, Pelibuey, Blackbelly. En los últimos años las

cruzas de caras blancas han aumentado en la parte central del país debido a la importación de vientres australianos.

Se ha iniciado una nueva corriente de rebaños ovinos empresariales, los cuales están orientados a la producción y engorda de corderos para abasto, constituidos por Pelibuey y Blackbelly como razas maternas para las cruzas, y como razas paternas Dorper y Katahdin, y el uso de dietas altas en granos.

Sin embargo, la mayoría de los ovinos, especialmente los de pelo, se encuentran bajo un sistema extensivo, sujetos a las variaciones climáticas y con alimentación restringida, basada en esquilmos agrícolas o en praderas (Bustamante, 2002), lo que impide que desarrollen su potencial productivo, por lo cual se envían al sacrificio animales mayores de dos años de edad. Una opción para este problema es la finalización de animales con dietas altas en energía. De manera ideal, los corderos deberían estar listos para el sacrificio a los 6-8 meses de edad con 30-35 kg de peso vivo.

La principal demanda se da en grandes ciudades como el Distrito Federal y área conurbada del Estado de México, Guadalajara y Monterrey. El consumo per cápita para 1983 fue de 305 g. por habitante, incrementándose para 1997 a 837 g., y es actualmente de aproximadamente de 1 kg por habitante al año. Los precios del 2004 por kg era de \$38 a \$47 por carne

en canal, \$25 para animales en pie, \$20 para animales en pie importados, y \$31 para la carne congelada por kg. En Septiembre del 2009, en promedio a nivel nacional, el animal en pie se vendió hasta en \$28 por kg, en canal en \$58 por kg y congelada en \$35 por kg (Secretaría de Economía - Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados, SE-SNIIM, 2009).

El futuro de la producción de la carne de ovino se ve muy favorable debido al mercado en continuo crecimiento, pero lo importante es tener una producción que satisfaga el mercado interno, debido a que las importaciones acaparan este.

#### ***4.3. Razas ovinas de pelo***

Las ovejas de pelo abarcan aproximadamente 10% de la población de las ovejas del mundo (Bradford y col., 1983; Schoenian, 2009) y 23% de las ovejas de México (Medrano, 2000). Están situadas predominante en las regiones tropicales de África, de Sudamérica, y del Caribe. Su capa del pelo y otras características adaptativas las hacen únicas para producir bajo condiciones ambientales cálidas y húmedas. Existen cerca de 7 millones de ovinos en México (INEGI, 2007). El borrego Pelibuey, también llamado Tabasco, forma parte del grupo de ovinos de pelo productores de carne que tienen amplia distribución en México. Algunas de las ventajas

de los ovinos de pelo son la amplia estacionalidad, la rusticidad para el pastoreo, la alta prolificidad, además de no requerir trasquila.

Los índices de crecimiento de razas ovinas de pelo son generalmente más bajos que los de las razas tradicionales de lana en los Estados Unidos. Esta diferencia se puede atribuir parcialmente a los sistemas con poco manejo y a las condiciones ambientales tropicales menos propicias bajo las cuales estas razas fueron desarrolladas.

En pruebas de alimentación con corderos St. Croix, la GDP (ganancia diaria de peso) fue de 0 a 65 g/d en pastos nativos y mejoró a 140 g/d cuando se proporcionó complemento (Wildeus y col., 1991; Hammond y col., 1993). En Carolina del Norte una GDP de 48 g/d fue reportada para corderos Blackbelly y Blackbelly cruza con Dorset alimentados con pellets de pasto Bermuda (Mann y col., 1987).

Cuando las ovejas de pelo fueron alimentada con dietas altas en concentrado, los niveles de crecimiento fueron siempre más bajos que en las de las cruza pelo x lana. Las ovejas del pelo tienen una menor GDP y consumo en dietas altas en energía, así como una conversión alimenticia menor. En general, los rangos de crecimiento tienden a ser más altos en el St. Croix que en Blackbelly (Horton y Burgher, 1992,

Ockerman y col., 1982; Phillips y col., 1995; Shelton, 1983a; McClure y col., 1991; Mann y col., 1987).

Las diferencias en características de la canal son inconsistentes entre razas de pelo y lana. Las características de producción de las ovejas de pelo, particularmente cruza pelo x lana, las hacen convenientes para los sistemas de producción que no requieren altas tasas de crecimiento o grandes canales. El área del músculo Longissimus (LMA) de las canales de las ovejas de pelo tienden a ser más pequeña que las de lana (Ockerman y col., 1982; Foote, 1983; McClure y col., 1991; Horton y Burgher, 1992; Solomon y col., 1991; Wildeus, 2007). En cuanto a las tasas de crecimiento son más bajas en las razas de pelo comparadas a las de la lana de edad similar. No se ha reportado ninguna diferencia constante en porcentaje de rendimiento de la canal entre razas de pelo y lana.

En cuanto a corderos Pelibuey y Pelibuey cruza Dorper y Katahdin alimentados con 61% de la materia seca como concentrado, Canton y Quintal (2007) obtuvieron CMS de 1.143, 1.266 y 1.180 kg/d y pesos finales de 40.9, 41.9, y 40.3 ± 1.1 kg respectivamente. No se encontraron diferencias significativas en GDP, peso de la canal o rendimiento en canal ( $P > 0.05$ ). Se observó un porcentaje mayor ( $P < 0.05$ ) en el lomo y peso del ojo de la chuleta en Pelibuey y Dorper

x Pelibuey, comparado con Katahdin X Pelibuey (9.2 y 9.4 vs.  $8.9 \pm 0.5\%$ , respectivamente). No encontraron efecto de la raza sobre el ojo del lomo, o proporción de cuello, hombro, pierna o el de grasa de la canal. De estos resultados concluyeron que la raza pura de Pelibuey tiene mejores parámetros productivos, y canales similares a F1 de cruizas con Dorper y Katahdin. Un resumen de trabajos comparando ovinos de pelo y lana se presenta en el Cuadro 20.

Además hay estudios que indican que los borregos de pelo son más resistentes a parásitos internos (Yen y col., 2009). Los parámetros productivos de ovinos de pelo en pastoreo se presentan en el Cuadro 21.

#### ***4.4. Requerimientos nutricionales***

Los requerimientos nutricionales (NRC 1985, ARC 1984, INRA 1988, CNCPS y NRC, 2007), se han desarrollado primordialmente en razas de origen europeo de lana y en regiones con climas templados o fríos (Solís y col. 1991) (Cuadro 22, Cuadro 23 y Cuadro 24). El CNCPS (The Cornell Net Carbohydrate and Protein System) es un modelo mecanístico que predice los requerimientos nutricionales y valores biológico de alimentos para bovinos y fue modificado para ovinos con especial énfasis en ovinos lecheros (Cannas y col., 2004) Por lo que el uso de estos requerimientos para la alimentación de ovinos de pelo, podría tener como consecuencia la

subestimación o sobre estimación de los mismos. Bajo esas consideraciones Solís, y col. (1991), realizaron 5 experimentos con 775 animales en la zona de Tizimin y Mococho, Yucatán, con la finalidad de determinar los requerimientos nutricionales de ovinos Pelibuey en condiciones de trópico, y definir si existen diferencias entre los requerimientos del ganado lanar y el de pelo. Concluyeron que los borregos Pelibuey en condiciones tropicales, presentan un mayor requerimiento energético (EM/kg/PV) que los ovinos de lana en condiciones de climas templados, y es 27% mayor que los estimado por NRC (1985) y 10% mayor a los estimado por INRA (1988). Debe considerarse que esa menor eficiencia en la utilización de la energía para la ganancia de peso, depende no solo de la raza, sino también del clima, el grado de selección genética para la producción de carne, el tipo de alimento proporcionado, y algunos otros factores, por lo que la selección es un factor de suma importancia.

## **5. Aspectos importantes de la Canal de ovinos**

### **5.1. Características química**

La carne de cordero tiene una mayor concentración de grasas polinsaturadas y ácido linoléico conjugado (anticancerígeno), y niveles menores de grasa totales, que la carne de bovinos de carne alimentados con granos; de cualquier manera la mayoría de los consumidores desconocen los beneficios nutricionales de incluir carne de cordero en la dieta (Duckett., 2004) (Cuadro 25 y Gráfica 9).

### **5.2. Evaluación de canales**

El tipo de dieta consumido por el animal influye sobre las características de la canal (Cuadro 26). En el Cuadro 27 se muestran los promedios de las características en canal de ovinos de pelo (Vargas y col., 2007). La medida de la eficiencia de la canal en cualquier especie animal se expresa por el rendimiento y la composición de la canal (Osorio y col., 1997), y se estima que el rendimiento en cruza de Pelibuey es de 47% a 55% (Bores y col., 2002, Vargas y col., 2007).

Perón y col. (1991) realizaron un análisis completo de las características de la canal en animales sacrificados a los 30, 35, 40, 45 y 50 kg de peso vivo, alimentados a base de forraje y complemento en estabulación. Se observó una

relación entre el peso vivo al ayuno y el rendimiento de la canal, el porcentaje de hueso disminuyó ( $P < 0.05$ ) progresivamente en la misma medida que aumentó el peso de sacrificio, se registraron resultados opuestos en el porcentaje de grasa de la canal y el porcentaje de carne de la canal la cual siguió un comportamiento similar al de hueso e inverso al porcentaje de grasa.

Estudios en los que compararon razas de ovinos productores de lana con ovinos de pelo con peso vivo similar, mostraron rendimientos inferiores las razas laneras. En México, razas cárnicas de lana como Suffolk, Hampshire y Dorset, manifestaron un área del ojo de la chuleta entre 13 y 15.1 cm<sup>2</sup> (De la Cruz y col., 2004), en tanto que en cruza de razas de pelo con menos peso vivo (38-46 kg) el área fue mayor (15.2 cm<sup>2</sup>) (Vargas y col., 2007).

Existen correlaciones positivas entre peso vivo con la profundidad del músculo Longissimus dorsi, peso canal fría y caliente, pero no con rendimiento (Vargas y col., 2007). Peraza y col. (2006) reportan que el ofrecer maíz o sorgo en la dieta de ovinos Pelibuey no afectan la composición del Longissimus dorsi.

Con base en la dieta, se ha demostrado que los corderos alimentados con granos tienen mejores consumos y por lo tanto mejores ganancia de peso, por lo cual salen a venta a menor

edad. El peso de la canal caliente (PCC) y fría (PCF) disminuye proporcionalmente a medida que aumenta la cantidad de forraje en la dieta, pero no se modifica el marmoleo ni el área del ojo de la chuleta. La eficiencia alimenticia es mejor durante los primeros 30 días de la engorda (Fimbres y col., 2002).

La medición y corte de la canal puede realizarse según el método Zaharaiev y Pincas (1979), el cual utiliza estructuras óseas como referencia. El grupo de trabajo de la Asociación Europea de Ciencia Animal de Evaluación de canales (EAAP por sus siglas en Inglés) y El Centro Internacional de Estudios Avanzados de Agronomía Mediterránea (CIHEAM por sus siglas en Francés) trabajan para establecer una referencia internacional de procedimientos de corte para ovinos y métodos de disección para la determinación de la composición y la relación entre musculo, grasa y hueso (Fisher y col., 2000). Además el uso del ultrasonido en tiempo real nos permite estimar las características de la canal en animales vivos midiendo la profundidad de la grasa dorsal y el área del ojo de la chuleta entre la 12va y 13va vertebra.

Romano (1989) realizó un estudio en el cual encontró que al emplear dietas integrales se incrementa el rendimiento en forma directa conforme se eleva el nivel de energía de la

dieta, los ovinos de pelo mostraron un buen desempeño tanto en condiciones templadas, como tropicales (

Cuadro 26).

### ***5.3. Calidad de la canal***

La calidad de la canal se entiende como un conjunto de características y atributos que los consumidores consideran al momento de diferenciar entre productos similares. La calidad de la canal en ovinos se mide generalmente en función de su peso en pie, su tamaño, la proporción entre músculos, huesos y grasa, y su rendimiento en cortes: chuletas, costillar, piernas y paleta. Un aspecto muy importante es la grasa de cobertura de los distintos cortes, debido a que influyen directamente en el sabor final del producto (FIA.gob, 2005).

En México el principal destino de la carne ovina es la barbacoa, en la cual, debido al método de cocción, las canales utilizadas no requieren una determinada calidad, como lo sería para el mercado de cortes.

Una característica evaluada es la suavidad, la cual se evalúa mediante la fuerza de corte (técnica de Warner-Bratzler). Esta variable depende mucho del manejo postmortem dado a la carne, esto es la maduración que reciba. Se han realizado varios estudios para comparar esta variable entre varias razas (Duckett, 2004), sin embargo no se encontraron

estudios en donde se hayan evaluado estas variables en borregos de raza Pelibuey. La fuerza de corte de la carne de ovino, que generalmente no supera los 25 kg, es menor que en la mayoría de la carne bovina, que se considera es alrededor de 45 kg (Duckett, 2004).

El sabor de la carne esta dado por la grasa en su fracción soluble, la cual es específica para cada especie. La evaluación de esta característica es muy subjetiva, debido a que se realiza con ayuda de catadores, los cuales se ven influenciados por sus preferencias. Esta característica se ve influenciada por la dieta recibida (Duckett, 2004). Corderos finalizados con granos alteran la composición de la grasa por lo cual cambia el sabor. Rousset y col., (1997), Borton y col. (1999), Priolo y col., (2002) y Kemp y col., (1981) obtuvieron mayor intensidad en el sabor de la carne de cordero alimentado con forraje comparado con dietas a base de concentrado. Además Fisher y col. (2000) y Sanudo y col., (2000) indican que la carne de cordero alimentado con concentrado tiene mayor nivel de omega 6 pero menor nivel de omega 3 (Duckett, 2004). Existen varias clasificaciones para la calidad de la canal, pero es el mercado el que determina la excelencia, esto es según sus necesidades y gustos. En México existe una norma que se encarga de regular la carne de ovino la cual es: NMX-FF-106-SCFI-2006.

## **6. Pruebas de comportamiento**

### **6.1. Forraje vs. Granos**

Para realmente saber si las dietas con granos son superiores a las dietas de forraje Murphy (1994) se dedicó a estudiar las diferencias entre estas en corderos de finalización en cuanto a su comportamiento productivo y características de la canal en corderos con promedio de 28 kg de PV hasta tener un peso final de 48 Kg PV, siendo las dietas: 1) pastoreo de alfalfa por 96 días, 2) 100% concentrado en pesebre por 63 días; y 3) pastoreo de ryegrass por 42 días y finalización con 100% de concentrado en pesebre por 71 días. El promedio para las GDP fue mayor en los animales que desde el principio de la prueba estuvieron en los corrales, en comparación de los otros tratamientos (211, 180, 316 g/d). La distribución entre carne, grasa y hueso fue similar entre tratamientos.

En ganado bovino Schroeder y col. (1980) observaron que las canales de bovinos alimentados con forraje tienen una calidad más baja que ganado alimentado en finalización con grano. En contraste, Utley y col. (1975) alimentaron toros de un año de edad con grano o forraje, y no detectaron ninguna diferencia en calidad de la canal o marmoleo; sin embargo,

con terneros alimentados exclusivamente con forraje tuvieron más bajo marmoleo y calidad de canal.

Smith y col. (1977) señalaron que la palatabilidad de la carne era más baja para los animales alimentados con forraje, pero esta diferencia desapareció después de 49 días de alimentar con grano. Otros problemas con el ganado de engorda finalizado con forraje incluye carne con grasa amarilla y oscura; sin embargo, el ganado produce grasa mas blanca cuando es alimentado con ensilado o grano (Smith y col., 1977; Coleman y col., 1995).

Desde el punto de vista productivo en los resultados que Ortiz (2006) presenta, se señala que mediante el consumos de forraje y suplemento similares, las corderas con altos niveles de energía, independientemente del nivel de proteína, logran ganancias de peso significativamente superiores y en lo que respecta al rendimiento y calidad de la canal se redujo significativamente con la inclusión de *L. leucocephala* (Acurero, 2000, Cuadro 28).

En el estudio realizado por Bustamante (2002) se llegó a la conclusión que animales alimentados con dietas a base de granos mostraron un mayor beneficio económico neto de \$41 (pesos mexicanos) por cordero (\$205.9 vs \$164.8) comparado con corderos alimentados con dietas convencionales de forraje y concentrado. Con base en estos resultados la rentabilidad

se estimó en 212.1% para concentrado y 185.3% forraje-concentrado.

## **6.2. Sorgo vs. Granos**

Hay estudios donde se evalúa la calidad nutricia del grano de maíz y sorgo, ya sean secos, altos en humedad o tratados con ácidos para su utilización en dietas para corderos, en las cuales se observó que el sorgo tiene ligeramente mayores consumos que el maíz, sin importar la relación que existe del sorgo con altos niveles de taninos (resistente a aves). En promedio las GDP fueron mayores en corderos alimentados con maíz (Harpster y col., 1975).

Lichtenwalner y col., (1979) explican que las diferencias en consumo no disminuyeron al limpiar o micronizar el grano. La reducción en consumo parecía estar relacionada con la contaminación del grano. Las ovejas discriminaron las dietas que contenían grano seco resistente a aves, pero toleraron mayores niveles de grano cuando la humedad de la dieta era de 12.5% (Lichtenwalner, 1979).

Numerosos autores han puesto en evidencia el hecho de que el nivel energético de la ración es el primer factor limitante del consumo voluntario de los rumiantes (Jarrige y Béranger, 1992). Valores obtenidos en pruebas de evaluación del crecimiento de borregos Pelibuey alimentados con niveles crecientes de energía en la dieta con grano de sorgo,

mostraron que tanto el peso final como la ganancia diaria de peso se incrementaron linealmente ( $P < 0.05$ ) conforme aumentó el valor de energía metabolizable (EM) en la dieta. El incremento en el valor energético de las dietas repercutió en un aumento del consumo voluntario de materia seca (MS) (Gomez y col., 2000), pero es de hacer notar que el consumo global de materia seca observado es inferior al propuesto por el National Research Council (1975) para ovinos en climas templados. En trabajos previos hechos en zona tropical también se observó esta depresión del consumo del borrego Pelibuey (Sanginés y col., 1976; Sanginés y Shimada 1978; Rodríguez y col., 1981). Esto es atribuible a las condiciones de "stress" calórico al cual están sometidos los animales (Cuadro 29).

El rolado seco da un tamaño de partícula más grande que el molido seco y menor cantidad de polvo. Sin embargo, los datos indican que hay poca diferencia en la aceptabilidad animal, el CMS o la CA entre moler o rolar, si se procesan en forma apropiada. Basado en diez experimentos en bovinos, la molienda fina demuestra una mejora de un 5% en la EA con el molido grueso (Stock y Mader, 2005) (Cuadro 16).

Las comparaciones entre el rolado fino y el molido fino del sorgo son confusas. Siete ensayos hechos en 1982

indicaron que el molido fino era más eficiente que el rolado fino. Sin embargo, ochos ensayos hechos entre 1982 y 1984 favorecieron al rolado fino del sorgo. El procesamiento con vapor o presión al grano de sorgo, mejora la ganancia diaria en un 7.8% y la conversión en un 11.6% con respecto al sorgo rolado seco. Los mejores resultado del procesamiento del sorgo bajo estos métodos, se obtienen cuando el producto resultante es una fina escama (copo) de bajo peso específico (Cuadro 30).

#### **IV Justificación**

Para aprovechar al máximo el grano de sorgo, este debe de someterse a un procesamiento que rompa la matriz proteica que envuelve el almidón, permitiendo una mejor digestión del almidón e incrementar su valor energético. En la engorda de ovinos es común utilizar grano entero, quebrado y molido, en ocasiones se utilizan combinaciones, sin embargo existen, otros métodos alternativos para el tratamiento del grano de sorgo que no se han evaluado en dietas para ovinos, como la reconstitución y ensilaje, por lo cual es importante determinar los efectos de diferentes métodos de tratamientos simultáneamente, ya que al realizar pruebas de comportamiento existen diferentes factores tanto del animal (raza, sexo, edad); como de la dieta (sistema de alimentación, nivel de forraje, método y grado de procesamiento del grano); entre otros que afectan las variables productivas (Corona y col., 2005).

## **V Hipótesis**

El comportamiento productivo (consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia), las características de la canal (rendimiento, medidas zoométricas y pesos en cortes) y costos por concepto de alimentación de los corderos se mejoraran al procesar el grano de sorgo mediante la reconstitución y ensilaje.

## **VIObjetivos**

- Mediante una prueba de comportamiento productivo determinar el efecto del grano de sorgo con los diferentes métodos de procesamiento sobre las variables productivas (consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia y consumo de energía) en corderos.
- Evaluar las características de las canales de los animales utilizados en la prueba de comportamiento al momento del sacrificio y posterior a su maduración, con los diferentes métodos de procesamiento del grano de sorgo.
- Estimar los costos de los tratamientos por kilogramo de peso ganado.

## **VII Material y Métodos**

### **1. Ubicación**

El presente trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza, Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, cuyas características son:

Superficie total: 33,755 m<sup>2</sup>

19° latitud Norte y 99° longitud Oeste

Altitud: 2760 msnm

Temperatura promedio: 19° C

Precipitación pluvial: 800 a 1200 milímetros anuales

Clima: c (w) b (ij), semifrío semihúmedo con lluvias en verano

### **2. Metodología**

#### **2.1. Tratamientos**

##### **2.1.1. Secos**

El grano de sorgo en todos los tratamientos era del mismo lote. El grano molido se procesó en un molino de martillos Azteca Jupiter. El grano de sorgo quebrado se obtuvo procesándolo en un molino (ensiladora-trituradora) marca Azteca de 1 Ton con motor de gasolina sin criba.

### **2.1.2. Reconstitución y ensilaje**

Para la reconstitución del grano de sorgo fue necesario conocer la concentración de materia seca que tiene el grano, que en promedio durante la prueba fue de 87.58%, determinado con una balanza analítica Scientech SA 120, 120 x 0.0001g, con ese resultado se calculó la cantidad de agua requerida para reconstituirlo a un nivel de humedad de 30%. Los contenedores de plásticos con tapa hermética en los cuales se ensilaba tenían una capacidad de 200 kg:

#### **Cálculo 1. Cantidad de agua requerida para la reconstitución del grano de sorgo**

a) 100 g sorgo-----87.58% MS

X g sorgo -----70% MS X=79.93 g sorgo

b) 100 -79.93 = 20.07 g H<sub>2</sub>O

c) 0.07993 kg sorgo----- 0.02007 kg H<sub>2</sub>O

200 kg sorgo ----- X kg H<sub>2</sub>O X=50.23 kg H<sub>2</sub>O

Una vez calculada la cantidad de agua requerida se mezcló 200 kg de sorgo con agua y se introdujeron en los contenedores, compactando con un pisón de 10 kg cada 10 cm, procurando extraer la mayor cantidad de aire posible. Cuando se terminó de llenar los contenedores, se recubrieron con una bolsa negra y cerraron herméticamente con la tapa. En un estudio previo se determinó que el tiempo ideal para el

ensilaje del sorgo entero es de 40 días y del sorgo quebrado 20 días (Hernández y col., 2007).

## **2.2. Prueba de comportamiento**

Para la realización de la prueba se utilizaron 20 corderos machos enteros de la raza Pelibuey de  $33.53 \pm 4.74$  kg de peso vivo, 6.5 meses de edad promedio; los cuales fueron distribuidos en 5 grupos: Sorgo Entero (**SE**), Sorgo Quebrado Ensilado (**SQE**), Sorgo Entero Ensilado (**SEE**), Sorgo Quebrado (**SQ**) y Sorgo Molido (**SM**).

Los corderos fueron alojados en corraletas individuales de  $0.75 \text{ m}^2$ , con piso de cemento y techo de lamina, las cuales tenían comederos individuales y un bebedero automático para 2 animales, podían darse la vuelta y tenían contacto visual con otros animales, esto se realizó para llevar un control estricto del alimento consumido. Se alimentaron dos veces al día y en las mañanas antes de ofrecer el nuevo alimento se retiraba lo que no se comieron del día anterior; se les ofreció alimento ad libitum ajustando el consumo para que tuvieran un rechazo del 10% en promedio.

Para la determinación de la materia seca de cada uno de los ingredientes, y del rechazo el cual se determinó semanalmente, se utilizó una bascula analítica Scientech SA 120,  $120 \times 0.0001\text{g}$  y una estufa de extracción de aire forzado, Horno Ríos Rocha HS-62,  $50^\circ\text{C}$ . Se pesaba la tara y la

tara con muestra, posteriormente se introducía al horno, previamente calentado, por 24 horas a 100°C, pasado este tiempo se retiraba la muestra de la estufa y se dejaba enfriar en una campana durante 15 minutos para poder pesarlo en la balanza. Una vez realizado esto se calculaba la materia seca con la siguiente fórmula:

### **Cálculo 2. Determinación del porcentaje de materia seca**

$$\% \text{ MS} = \frac{(T + \text{MS}) - T}{(T + M) - T} \times 100$$

Donde:

T: Peso de la tara

(T + MS): Peso de la tara con muestra seca

(T + M): Peso de la tara con muestra húmeda

Los animales se adaptaron a las dietas con grano entero, esta etapa duró 40 días, el objetivo era que la inclusión de grano entero constituyera el 72% de su dieta en base seca, ya que previamente consumían una dieta a base de heno de avena. Pasado este periodo se llevó a cabo la adaptación a los tratamientos, esta se realizó en un periodo de 15 días, durante el cual el grano entero fue sustituido gradualmente por el tratamiento correspondiente, por lo anterior los animales recibieron 72% de su dieta en base seca como grano tratado o entero, según el tratamiento correspondiente, y 28% de complemento (Cuadro 31). La prueba duró 45 días. Los

animales fueron vacunados contra Clostridium con BOVACT 8® (Intervet). Diariamente se determinó el consumo de materia seca por animal, pesando el alimento ofrecido y el rechazado con una bascula Tor Rey L-EQ series,

Los animales fueron pesados cada 15 días con una báscula EC 2000 Tru-test para llevar el registro de las ganancias de pesos y ajustar las dietas semanalmente.

La eficiencia alimenticia (EA) se calcula dividiendo la ganancia diaria de peso sobre los kilogramos de alimento consumido, indicando cuanto peso se gana por cada kilogramo de alimento consumido (que tan eficiente se es para convertir 1 kg de alimento en carne).

### **Cálculo 3. Eficiencia alimenticia**

$$EA = \frac{GDP}{CMS}$$

Considerando que el principal factor que determina la ganancia de peso es el consumo de energía, para el cálculo de la GDP esperada en base a la energía consumida de la dieta se utilizaron las siguientes formulas (NRC, 1985):

### **Cálculo 4. Consumo de materia seca esperado en base en la energía ofrecida**

$$\text{Requerimiento ENm} = 0.056 \times \text{peso vivo}^{0.75} \text{ (NRC, 1985)}$$

$$\text{ER Mcal/d} = 0.276 \times \text{GDP} \times \text{peso vivo}^{0.75} \text{ (NRC, 1985)}$$

$$\text{CMS}_E = (\text{ENmreq} / \text{ENmdieta}) + (\text{ER} / \text{ENgdieta}) \text{ (Zinn, 2000)}$$

Con lo cual se comparó el CMS obtenido:

$$\text{CMS O/E} = \text{CMS}_O / \text{CMS}_E$$

Donde:

ENm: Energía neta de mantenimiento

ER: Energía retenida

GDP: ganancia diaria de peso

ENg: energía neta de ganancia, Mcal/d

GDP: Ganancia diaria de peso

CMS<sub>E</sub>: Consumo de materia seca esperada

CMS<sub>O</sub>: Consumo de materia seca observado

Para el cálculo de energía neta de mantenimiento y de ganancia observadas se utilizaron las siguientes formulas:

#### **Cálculo 5. Energía Neta de Mantenimiento de la dieta**

##### **Observada**

$$\text{ENm}_O = \frac{[-B \pm \sqrt{(B - 4 \times A \times C)}]}{2 \times A} \text{ (Zinn, 2000)}$$

Donde:

$$A = 0.877 \times \text{CMS}$$

$$B = 0.877 \times \text{ENm req} + 0.41 \times \text{CMS} + \text{ER}$$

$$C = 0.41 \times \text{ER}$$

CMS: Consumo de materia seca

ENm req: Energía neta de mantenimiento requerida

ER: Energía retenida

#### **Cálculo 6. Energía Neta de Ganancia de la dieta Observada**

$$\text{ENg}_O = (0.877 \times \text{ENm}_O) - 0.41 \text{ (Zinn, 2000)}$$

Donde:

EN<sub>m0</sub>: Energía neta de mantenimiento observada

**Cálculo 7. Energía Neta de Mantenimiento y Ganancia de la  
dieta Esperadas**

$$EN_{mE} = CMS * 1.95$$

$$EN_{gE} = CMS * 1.31$$

Donde:

CMS: Consumo de materia seca observado

Con las cuales se pudo comparar la energía neta de mantenimiento y de ganancia observadas con las esperadas:

**Cálculo 8. Energía Neta de Mantenimiento y Energía Neta de  
Ganancia Observadas vs. Esperadas**

$$EN_{m O/E} = EN_{m0} / EN_{mE}$$

$$EN_{g O/E} = EN_{g0} / EN_{gE}$$

Donde:

EN<sub>m0</sub>: Energía de mantenimiento observada

EN<sub>mE</sub>: Energía de mantenimiento esperada

EN<sub>g0</sub>: Energía de ganancia observada

EN<sub>gE</sub>: Energía de ganancia esperada

El valor comparativo de la EN<sub>m</sub> y EN<sub>g</sub> de los tratamientos de sorgo fue determinado mediante la técnica de reemplazo (Zinn y Plasencia, 1993), el cual consideró para este estudio: a) al sorgo molido como el cereal estándar que contiene 2.0 y 1.3 Mcal/lg de EN<sub>m</sub> y EN<sub>g</sub> respectivamente (NRC,

2007), b) que las dietas son idénticas en composición salvo el sorgo tratado que reemplaza al sorgo molido en una proporción igual; y c) que las diferencias observadas en el contenido de EN de las dietas son, por lo tanto, un resultado directo de las diferencias del contenido de la EN de los cereales que reemplazan al sorgo molido en las dietas experimentales. El valor de EN de los tratamientos probados se puede calcular de la siguiente manera

#### **Cálculo 9. Energía Neta de los tratamientos probados**

$$\text{EN Mcal/kg} = [\text{EN}_0 \text{ Tx} - \text{EN}_0 \text{ SM} / 0.72] + \text{EN ref SM}$$

Donde:

EN del cereal prueba: Energía neta de las dietas observadas para SE, SQE, SEE y SQ

EN<sub>0</sub> Tx: Energía neta observada para cada una de las dietas con el tratamiento prueba

EN<sub>0</sub> SM: Energía neta observada para la dieta con sorgo molido

EN ref SM: Energía neta de referencia del sorgo molido (NRC, 2007).

### **2.3. Evaluación de canales**

Cuando tuvieron en promedio 45 kg de peso vivo los animales fueron enviados al rastro TIF 422 ("El Arbolito") en Zumpango, Edo de México para que las canales fueran evaluadas por un experto evaluador (Dr. Danilo Méndez) inmediatamente después del sacrificio (canal caliente) el cual realizó mediciones según lo establecido por la USDA, la Unión Europea y la Norma Mexicana NMX-FF-106-SCFI-2006. Posteriormente las canales se enviaron a la procesadora TIF 424 ("CordeRico") en San Martín Texmelucan, Tlaxcala en donde se llevo a cabo la maduración y despiece de las canales, momento en que se realizó la evaluación de la canal fría.

A las canales se les determino el peso de la canal caliente y el peso de la canal fría con una báscula EQM 200/400 Torrey; con una cinta métrica de 1.8 metros se determinó la longitud total, la longitud y diámetro de las piernas y brazos, la longitud y diámetro de la cadera, la longitud del cuello; y con un vernier se determinó la profundidad del tórax. Una vez realizado el despiece con una cortadora de hueso Torrey ST 295AI se determinó el peso de los cortes comerciales (rack, cuello, lomo, falda, pecho, espaldilla, piernas). Para obtener la grasa de cobertura dorsal en la canal fría se utilizó un medidor de grasa

dorsal, y para la determinación de la grasa perirrenal se pesó con una báscula EQM 200/400 Torrey.

Al momento de realizar el corte a la altura de la 12va costilla se tomó una impresión del ojo de la chuleta con una mica de acetato y marcador permanente, esto para su posterior medición, además se tomó una muestra de la chuleta de cada animal, las cuales se mantuvieron en congelación hasta el análisis de fuerza de corte. Para ser analizadas se dejaron descongelar durante 24 horas, después se les retiró la grasa de cobertura y el hueso.

Para la determinación del área del ojo de la chuleta se utilizó una gradilla plástica utilizada por la USDA, con la cual se puede medir rápidamente y con exactitud. El área que rodea cada punto es igual a  $1/20$  (0.05) de una pulgada (20 puntos equivalen a una pulgada cuadrada, (Gráfica 10). Además cuenta con una regla para medir la profundidad de la grasa (VDACS, 2008).

La prueba de fuerza de corte se realizó en el Laboratorio de Ciencia de la Carne en el Centro de Enseñanza, Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA) de la FMVZ de la UNAM, con un termómetro digital con termopares Tek DTM520 dual channel thermometer Fisherbrand, el cual se introdujo en el centro geométrico de cada chuleta y se colocó en una parrilla eléctrica doméstica donde al llegar a los

35°C se dio la vuelta y se retiró al llegar a los 70°C. Con un sacabocados de 5 velocidades de 620 a 3100 revoluciones por minutos y un Warner Bratzler Salter de hasta 25 kg. En muestras de 100g se midió los kg requeridos para cortar los cilindros de 1 cm<sup>3</sup> (AMSA, 1995).

Diferencias entre tratamientos en el llenado gastrointestinal pueden afectar en las conclusiones de la investigación por las diferencias entre tratamientos en las mediciones del comportamiento productivo basadas en peso vivo. Por lo tanto cuando el PCC es conocido se divide el PCC sobre el promedio del rendimiento de todos los tratamientos para calcular el peso final ajustado a la canal (Corona y col., 2005; Galyeon y col., 2000).

#### **Cálculo 10. Peso final ajustado**

$$\text{Peso Final Ajustado (Pfa)} = \frac{\text{Pesos Canal Caliente}}{\text{Rendimiento Promedio}}$$

#### ***2.4. Tamaño de partícula***

Durante el tiempo que duró la prueba de comportamiento se tomó una muestra semanalmente de aproximadamente 200 gramos de grano de sorgo de los diferentes tratamientos, con esto se obtuvieron 6 muestras por tratamiento. Estas muestras fueron conservadas en congelación individualmente y posteriormente se deshidrataron en una estufa de extracción de aire forzado Horno Ríos Rocha HS-62, a 50°C por 24 horas.

Esta prueba se lleva a cabo en el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ, de la UNAM.

Se seleccionaron 7 cribas (del número 6, 7, 10, 20, 30 y 40, Montinox, Montiel inoxidable México) las cuales fueron pesadas de manera individual, se acomodaron de mayor diámetro a menor y dentro se introdujeron 100 gramos de muestra previamente desecada en la criba superior, se colocaron en un vibrador automático TYLER RX-812 Coarse Sieve Shaker durante 10 minutos, posteriormente se peso cada criba con muestra. Antes de utilizar las cribas con otra muestra fueron limpiadas con una brocha y aire a presión, y se pesaron nuevamente sin muestra.

El tamaño de partícula de los diferentes tratamientos se determinó con el método descrito por Pfof y Headley (1976) con ayuda de una báscula analítica Explorer OHAUS. El tamaño de partícula medio del material retenido en una criba es calculado como la media geométrica del diámetro de apertura de dos cribas apiladas (Baker y Herman, 2002).

#### **Cálculo 11. Determinación del material retenido en criba**

$$d_i = ( d_u \times d_o )^{0.5}$$

Donde:

$d_i$ : Diámetro de la  $i$ -ésima criba apilada

$d_u$ : Diámetro de apertura de la criba por la que si pasan las partículas (criba anterior a la  $i$ -ésima)

$d_o$ : Diámetro de apertura de la criba por la que no pasan las partículas (criba i-j ésima)

Como no es práctico contar cada partícula individualmente y calcular el promedio, el promedio del tamaño de partícula puede ser calculado en base al peso.

**Cálculo 12. Promedio de tamaño de partícula**

$$d_{g^w} = \log^{-1} \left[ \frac{\sum (W_i \log d_i)}{\sum W_i} \right]$$

La desviación estándar se calcula con

**Cálculo 13. Desviación estándar geométrica**

$$S_{g^w} = \log^{-1} \left[ \frac{\sum W_i (\log d_i - \log d_{g^w})^2}{\sum W_i} \right]^{0.5}$$

El número de partículas por gramo y el área de superficie se pueden calcular del  $d_{g^w}$  y  $S_{g^w}$ . Esta información se puede utilizar para determinar el índice de digestibilidad o para procesamientos de granos, para determinar la eficiencia de molido, en función de la superficie de área creada por unidad de entrada (Behnke, 1985). Para estos cálculos se asume que los factores  $\beta_s$  y  $\beta_v$  equivalen a 6 y 1, respectivamente (Pfoest and Headley, 1976) para un cubo. El peso específico se asume de 1.320 gramos por centímetro cúbico. Puesto que el peso específico se asume en gramos por centímetro cúbico, es necesario convertir el  $d_{g^w}$  a

centímetros, equivalente al área de superficie. Esto puede hacerse multiplicándolo por 0.0001

#### **Cálculo 14. Partículas por gramo**

$$Particles/gram = \frac{1}{\rho\beta_v} \exp(4.5 \ln^2 S_{gw} - 3 \ln d_{gw})$$

#### **Cálculo 15. Área de superficie**

$$SA (cm^2/gram) = \frac{\beta_s}{\rho\beta_v} \exp(0.5 \ln^2 S_{gw} - \ln d_{gw})$$

Donde:

$\beta_s$ : Factor formado para el área de superficie de las partículas

$\beta_v$ : Factor formado para calcular el volumen de las partículas

$\rho$ : Peso específico de la materia

### **2.5. Almidón fecal**

Para la determinación del almidón fecal se tomaron 6 muestras de heces directamente del ano de los animales durante las últimas tres semanas (dos por semana) del periodo experimental por animal y se conservaron en congelación hasta su análisis. Antes del análisis, las muestras fueron descongeladas y se mezclaron todas las muestras de cada animal. Se deshidrataron en una estufa de aire forzado (Rios

Rocha mod. HS 62) a 100°C, fueron molidas en un molino Wiley a 1mm.

Para la determinación de almidón fecal se utilizó la técnica enzimática con amyloglucosidasa de Aspergillus Niger (Sigma A7420) de acuerdo a Zinn (1990) utilizando un espectrofotometro UV/VIS marca Spectronic Genesys 5.

### **2.6. Análisis Estadístico**

Los datos se analizaron de acuerdo a un diseño completamente al azar utilizando PROC GLM (SAS, 1985) con peso inicial como covariable.

#### **Cálculo 16. Análisis estadístico**

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta (X_{ij} - X_{...}) + \xi_{ij} \quad (\text{Cochran, 1957})$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable en respuesta del j-esimo animal, del i-esimo método de procesamiento de sorgo.

$\mu$  = Media general.

$t_i$  = Efecto del i-esimo método de procesamiento de sorgo

$\beta$  = Coeficiente de regresión.

$X_{ij}$  = Covariable (Peso Inicial)

$X_{...}$  = Media general de la covariable (peso inicial promedio).

$\xi_{ij}$  = Error experimental.

En caso de existir diferencias significativas entre las medias de tratamientos se utilizaron los siguientes contrastes ortogonales:

SE vs. SEE

SE vs. Granos Procesados

SQE vs. SEE

SQ vs. SM

### **3. Costo de la prueba**

La tesis fue financiada por el proyecto PAPIT IN206006, "Evaluación del proceso de reconstitución y ensilaje sobre el valor alimenticio de sorgo, grano [*Sorghum bicolor* L. Moench] en dietas de finalización para bovinos y ovinos".

Para el cálculo del costo de la alimentación por tratamiento se calculó el consumo en base húmeda total por concepto de grano (72%) y suplemento (28%); se investigo el precio por kg de los ingredientes y se calculo el costo de la reconstitución y ensilaje, sin depreciar las instalaciones. Se obtuvo el peso total ganado durante la prueba y se dividió el costo total de la alimentación entre los kilos ganados.

### **4. Publicación**

Parte de los resultados se publicaron en ADSA-ASAS 2008 (American Dairy Science Association, ADSA; American Society of Animal Science, ASAS), además en el 1<sup>er</sup> Foro de Producción Ovina (AMTEO, 2008) y en el XXI Congreso Panamericano de

Ciencias Veterinarias (PANVET, 2008). Se pretende publicar un artículo en la revista "Small Ruminant Research".

## VIII Resultados

El efecto de los tratamientos sobre el comportamiento productivo se muestra en el Cuadro 32. Los corderos alimentados con SE mostraron menor peso final (7.1%;  $P < 0.05$ ), GDP (30.2%;  $P < 0.05$ ), CMS (11.9%;  $P < 0.01$ ), EA (12.5%;  $P < 0.10$ ), peso canal caliente (7.1%;  $P < 0.05$ ), rendimiento en canal (6.1%;  $P < 0.01$ ), TH/G (7.2%;  $P < 0.10$ ), peso de piernas (11.9%;  $P < 0.05$ ), peso de pecho (12%;  $P < 0.05$ ); y mayor peso del lomo (19.9%;  $P < 0.05$ ) que los corderos alimentados con SEE. El consumo de materia seca esperado (CMSe) fue mayor para SEE respecto a SE con base a la energía consumida y retenida, lo cual concuerda con lo observado (Cuadro 32). Los animales alimentados con SEE obtuvieron mayor CMS (2.6%;  $P < 0.10$ ), rendimiento en canal (3.4%;  $P < 0.10$ ), peso de piernas (15.1%;  $P < 0.10$ ) y menor CMS en % de peso vivo (11.8%;  $P < 0.05$ ) que los corderos alimentados con SQE (Cuadro 34).

Los corderos alimentados con SE presentaron menor ( $P < 0.10$ ) rendimiento (3.4%), TH/G (5.8%), peso de pecho (12.3%), peso de falda (20.3%); y mayor peso de lomo (11.6%;  $P < 0.10$ ) que los alimentados con los granos procesados. No se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos en PI, GD, GPR, OC y FC (Cuadro 34).

Los resultados del efecto del método de procesamiento de grano de sorgo sobre la estimación de energía observada y esperada en dieta se presentan en el Cuadro 33. La energía retenida fue mayor (35.44%,  $P < 0.05$ ) para SEE respecto a SE, así como la ENm observada de la dieta (19.7%,  $P < 0.05$ ) y ENg observada de la dieta (23.3%,  $P < 0.05$ ).

Los valores de EN del sorgo con la técnica de remplazo considerando al sorgo molido como referencia con un contenido de ENm y ENg de 2 y 1.3 Mcal/kg (NRC, 2007); para ENm (Mcal/kg) fueron: 1.88, 2.03, 2.06 y 1.99 y para ENg (Mcal/kg): 1.23, 1.32, 1.34 y 1.29 para SE, SQE, SEE y SQ respectivamente.

Los resultados de la determinación de tamaño de partícula se muestran en el Cuadro 34 y en la Gráfica 11. El tamaño de partícula, área de superficie, partículas por gramo y desviación estándar geométrica fue similar entre SE y SEE. Entre SQE y SQ el tamaño de partícula fue mayor ( $P < 0.05$ , 19%) para SQE, pero en área de superficie, partículas por gramo y DEG no existe diferencia, lo cual indica que el SQE conserva la integridad de las partículas. El SM fue diferente a todos los tratamientos.

El estudio económico de la prueba se muestra en el Cuadro 36. Considerando solo el concepto de alimento (grano

tratado y suplemento), el costo por kg de peso ganado más caro fue para SQE, y el más económico fue para SQ, sin embargo considerando la GDP, con el SEE se disminuyen los costos.

## **IX Discusión**

Los métodos de procesamiento de granos y su efecto en la alimentación de rumiantes han sido revisados con profundidad en bovinos (Zinn y col., 2002; Owens y col., 1997), sin embargo en ovinos es escasa la información y se ha señalado que aprovechan mejor el almidón de los granos enteros respecto a bovinos (Rowe y col., 1999; Berretta y Kirby 2004, Stanton y LeValley, 2006; Tait, 2003) y que al procesarlos se tiene el riesgo de producir problemas digestivos (Ørskov 1979; Murguía y col., 2003). Sin embargo, la respuesta también depende del nivel de grano utilizado (Cox y Connell y Connell, 1935; Stanton y col 2006; Lichtenwalner y col. 1979; Stanton y LeValley, 2006), edad del animal (Cox y Connell y Connell, 1935) y manejo de la dieta (Cox y Connell y Connell, 1935; Kawas y col., 2003), entre otros.

Las diferencias en la degradación ruminal del almidón entre diferentes granos se deben en parte a las características de la matriz proteínica que envuelve los gránulos del almidón (Rooney y Pflugfelder, 1986). El grano de sorgo tiene una tasa de degradación ruminal lenta por lo que la digestibilidad del almidón es menor (Bowen y col., 2007; Rooney y Pflugfelder, 1986). La digestibilidad aparente del almidón y de la proteína es menor para grano de sorgo, seguido por maíz y después cebada (Therurer y col., 1986). La

digestibilidad de la proteína y del almidón parecen estar directamente relacionadas (Bowen y col., 2007; Therurer y col., 1986; Rooney y Pflugfelder, 1986), lo cual confirma la importancia de un adecuado procesamiento del grano.

Netmeyer y col. (1977) reportan que el porcentaje de grasa en la leche en bovinos es ligeramente mayor con grano de sorgo reconstituido que con molido, y que la producción láctea total, sólidos corregidos y CMS no se ven afectados, así como la digestibilidad aparente, eficiencia alimenticia, ácidos grasos volátiles (AGV) y ganancia de peso.

Kiesling y col., (1973) reportaron con bovinos un menor CMS ( $P < 0.05$ ) y mayor energía neta con sorgo reconstituido rolado comparado con rolado en seco. Los animales alimentados con sorgo reconstituido rolado en bovinos, consumieron menos energía bruta ( $P < 0.001$ ) pero tendieron ( $P < 0.05$ ) a ser más eficientes en la utilización de la energía.

Hibber y col. (1985) mencionan que la respuesta a la reconstitución depende de la variedad del sorgo, señalaron que la reconstitución aumenta ( $P < 0.05$ ) la digestibilidad total del almidón en variedades rojas de sorgo y tiende a incrementar la digestibilidad del almidón de variedades resistentes a aves. La respuesta a la reconstitución del sorgo rojo se debe a un incremento ( $P < 0.1$ ) en la fermentación de la materia orgánica y del almidón en el

rumen, y la reconstitución del resistente a aves mejora la desaparición del almidón en el intestino delgado, en ambos casos la digestibilidad del almidón del sorgo se mejora.

### **1. Consumo de Materia Seca (CMS)**

En el presente estudio el CMS fue en promedio de 3.13% del peso vivo (PV) (rango de 2.87 - 3.22%), el cual fue menor 32.6% respecto al NRC 1985 (4.15% PV), 23% al ARC 1984 (3.85% PV) y 38.98% al INRA 1978 (4.35% PV) para ovinos de lana, con lo cual se reafirma el hecho de que los ovinos de pelo y de lana no tienen los mismos requerimientos. Sin embargo, fue mayor 39.73% a lo reportado por Lichtenwalner y col. (2008) (2.24% PV) al utilizar dietas con el 80% de grano de sorgo en ovinos de lana.

Comparando el CMS de esta investigación con otros estudios que utilizaron ovinos Pelibuey, este fue menor a lo reportado por Solís y col. (1989) (4.5%), por US Feed Grains Council (3.33%), por Gutiérrez y col. (1995) (3.75%), y por Jiménez y Shimada (1984) (4.69%) en clima templado, y en clima tropical por Pérez y col. (1993) (4.13%) y por Aguilera y col. (1995) (5.88%) (Cita Partida, 2008).

En el presente estudio no se observó disminución en el consumo de materia seca por efecto de procesamiento del grano de sorgo, lo cual concuerda con lo reportado por Harpster y col. (1975). Pérez (2000, cita Kawas y col. 2003) llevó a

cabo un estudio para determinar la cantidad más adecuada de sorgo entero y molido en la ración de corderos engordados en corral y encontró un valor de pH ruminal más bajo con la ración que contenía sorgo molido, lo cual no modificó el consumo. Algunos otros estudios registraron mayor consumo de alimento en animales alimentados con cereales enteros, tal fue el resultado obtenido por Mancilla y col., (1995) con sorgo y Hejazi y col. (1999) con maíz en ovinos; Preston y Willis (1974) lo obtuvieron en vacas. García y col. (2008) reportan que al incrementar el grano entero en la ración se observó un aumento en el CMS (1.078 kg) comparado con SM (0.981 kg); sin embargo Arciga y Gómez (1991) reportaron que en dietas con 88% de grano de sorgo entero disminuyó el consumo. García y col. (2008) mencionaron que la dieta con SE es fermentada lentamente en el rumen comparado con el SM, y la fermentación del SM aumenta la producción de AGV por lo cual se disminuye el CMS. Estrada y col. (2008) obtuvieron un mayor consumo en ovinos Pelibuey utilizando sorgo molido (1.159 kg) en comparación con sorgo entero (0.96 kg), lo cual concuerda con los resultados obtenidos en esta prueba. El sorgo molido presentó mayor consumo (1.246 kg) comparado con el sorgo entero (1.189 kg), esto se puede deber a una mayor tasa de pasaje con SM. En la dieta con sorgo entero, el pH ruminal fue mayor (6.7) respecto a sorgo molido (6.3), esto

sin afectar el consumo ( $77.5$  y  $75.4$  g/kg<sup>0.75</sup> para sorgo entero y molido, respectivamente) (Estrada y col., 2008). El consumo similar para SE y SM concuerda con lo reportado por Pérez-Reyes (2000,  $78.85$  vs  $78.52$  g/kg<sup>0.75</sup> para sorgo entero y molido, respectivamente). La disminución del CMS con fuentes de almidón de más rápida fermentación fue observada en ganado lechero con sorgo hojueleado al vapor (Moore y col., 1992) y con maíz alto en humedad (Aldrich y col., 1993). En ganado de carne, Owens y col. (1997) y en ovinos Harpster y col, (1975) obtuvieron un resultado similar con maíz y sorgo altos en humedad. En bovinos se reporta un mayor CMS ( $P < 0.10$ ) con grano de sorgo con 25 y 30% de humedad ( $8.3$  kg/d), seguido por grano con 35% de humedad ( $8$  kg/d) y por ultimo con maíz hojueleado ( $7.7$  kg/d) (Huck y col., 1999), información diferente a la de este estudio con diferencia significativa entre SEE (3.42% PV) y SE (3.19% PV,  $P < 0.05$ ). Netemeyer y col. (1976) observaron un mayor CMS con SEE ( $7.35$  kg/d) comparando con sorgo molido ( $7.03$  kg/d) concordando con lo obtenido en este estudio.

De acuerdo con Baumgardt (1974) la regulación del consumo en ovinos depende de la energía digestible de la dieta, por lo cual, con dietas poco digestibles se tiene un mayor consumo, por lo que en esta prueba se formularon las dietas a la misma energía en todos los tratamientos; por esto

la diferencia en CMS se atribuye al procesamiento. Sindt y col. (1993) informaron una disminución del consumo de materia seca en vacas que consumieron grano de sorgo comparado con maíz, trigo y avena.

En vacas lecheras en producción, Bush y col. (1979) reportan CMS similar entre SM y SEE, aún cuando el %CMS fue mayor con SEE, a pesar de esto la producción fue similar. No hubo diferencia significativa en GDP, grasa y sólidos totales de la leche. Pero vacas alimentadas con SM produjeron mas leche por unidad de MS digestible.

García y col. (2008) reportan que en ovinos no encontraron diferencia significativa en GDP comparando dietas con sorgo entero y sorgo molido, pero con sorgo entero el CMS (1.078 kg) fue mayor que con sorgo molido (0.981 kg), siendo que en este estudio se obtuvo un menor CMS para SE (1.189 kg) que para SM (1.246 kg), concluyendo que el sorgo molido en dietas altas en energía no mejora las características productivas.

## **2. Ganancia Diaria de Peso (GDP)**

Estrada y col. (2008) obtuvieron una mayor GDP para SM (0.205 kg/d) respecto a SE (0.139 kg/d), lo cual concuerda con lo encontrado en el presente estudio. Estudios realizados en bovinos de engorda por Riggs y McGinty (1970) manifiestan que no hubo diferencia en GDP cuando se comparó SE y SEE.

### **3. Eficiencia Alimenticia (EA)**

Riggs y col. (1969) en dietas de finalización para bovinos reportan que con 62% de grano de sorgo, el reconstituido mejoró la CA (6.09) respecto a sorgo molido (8.09), sin embargo, White y col. (1969) señalaron que no se mejoró la eficiencia al moler antes de reconstituir, lo cual concuerda con lo obtenido en el presente estudio en donde la EA fue similar con SQR y SQ (17). Al respecto Riggs y McGinty (1970) indican que se requiere menos materia seca para producir un kg con granos húmedos, aún cuando se permita mayor CMS, sin encontrar diferencia estadística. García y col. (2008) en corderos no obtuvieron diferencia significativa en CA, pero con SE la CA se mejoró 10.3% en comparación con SM, igualmente no obtuvieron diferencia en la EA comparando el SE contra SM, lo cual concuerda con los resultados registrados en el presente trabajo (SE 0.159, SM 0.166).

### **4. Canal**

Se reporta que el peso mínimo de la canal pedido por el mercado australiano es de 18 kg (Bowen y col., 2007), el cual se logra con ovinos en engorda por 45 días con CMS de 920 g de grano, y que el SE requiere mas tiempo para alcanzar los 18 kg (Bowen y col., 2007). En este estudio con CMS de grano en promedio de 883 g por día se obtuvo PCC de 26.66 kg, en donde el SE fue el que más tiempo requirió para alcanzar los

18 kg, a pesar de que el peso inicial en ese grupo de ovinos no fue el menor. Después de 56 días de alimentar con grano animales que en promedio tienen 1 año de vida, la CA disminuye posiblemente por el aumento en la deposición de grasa (Malik y col., 1996), además de que en algunos lugares con la presencia de dientes permanentes se castiga el precio, por lo cual, animales en pastoreo que salen a venta mas tarde generalmente son pagados a menor precio.

Ríos y col. (2007) reportan un peso de canal caliente de 28.4 kg para ovinos Pelibuey alimentados con 15.5 % PC y 2.89 Mcal ED/ kg, cuando se proporcionó maíz entero (66%) en su alimentación y el peso inicial fue 38.39 kg. Por su parte Estrada y col. (2008) obtuvieron 29.8 kg alimentando con granos secos de destilería (DDGS por sus siglas en ingles) de maíz a varios niveles de inclusión.

#### **4.1. Rendimiento**

Riggs y McGinty (1970) observaron que bovinos alimentados con grano seco presentaron mayor rendimiento lo cual difiere a lo encontrado en el presente estudio. Ramírez y col. (2007) señalaron un rendimiento en canal fría de 58% para ovinos de pelo en sistemas intensivos con PV de 40 kg, Estrada y col. (2008) indicaron un rendimiento en canal fría de 57.7% con DDGS de maíz y Vargas y col. (2007) obtuvieron rendimientos de la canal caliente de 55.51% de animales con PV de 43 kg,

valores superior al promedio de nuestros resultados (52.3%) lo cual se debe al mayor peso final de los animales.

#### **4.2. Grasa Dorsal**

Se ha especulado acerca de animales alimentados con granos procesados, como el sorgo quebrado y expandido (Bowen y col., 2007) y con humedad del 30% (Huck y col., 1998) tienden a depositar mas grasa dorsal, e incrementar la cantidad de grasa en la canal, sin embargo ese efecto no fue significativo en los resultados de la presente investigación, a pesar de que numéricamente si tendieron a engrasar más los ovinos que recibieron granos procesados secos en su dieta (1.28 vs 1.06 mm), lo que concuerda con Harpster y col. (1975) quienes trabajaron con cruza de ovinos obtuvieron 2.6 mm de grasa dorsal cuando se utilizó SE y 2.2 mm cuando recibieron grano de sorgo alto en humedad.

Riggs y McGinty (1970) observaron que bovinos alimentados con grano seco presentaron ligeramente menor grasa dorsal comparado con sorgo cosechado tempranamente o reconstituido, lo cual difiere a lo encontrado en el presente estudio. Ramírez y col. (2007) obtuvieron grasa dorsal de 2.5 mm para ovinos de pelo en sistemas intensivos con PF de 40 kg y Estrada y col. (2008) reportan 6.1 mm alimentando con DDGS de maíz, valor superior al promedio de los resultados

registrados en la presente investigación (1.1 mm de grasa dorsal).

La mayor grasa perirrenal presente en los animales alimentados con SQE y SM se debe al mayor peso que presentan los animales al momento del sacrificio, ya que existe una relación entre estas (Domingo y col., 2008)

#### ***4.3. Área del ojo de la chuleta***

En México, las razas cárnicas presentan un área del ojo de la chuleta que se encuentra entre 13 y 15.1 cm<sup>2</sup> con PV promedio de 63 kg, cuando se les proporcionó una dieta con 16% de proteína cruda y 2.93 Mcal EM kg<sup>-1</sup> MS a base de granos rolados (77.85%) (De la Cruz y col., 2004); mientras que cruza de razas de pelo con menos peso vivo (38-46 kg) dicha área fue mayor (15.2 cm<sup>2</sup>) (Vargas y col., 2007); y para ovinos de pelo fue de 15.22 ± 3.57 cm<sup>2</sup> (Vargas y col., 2007), para ovinos de pelo con diferente nivel de suplementación proteínica con PV de 20.31 kg, el área oscilo entre 11 y 12.4 cm (Stewart, 2001). Estrada y col. (2008) reportan de 15.23 a 15.74 cm<sup>2</sup> alimentando con DDGS de maíz, pero en los resultados de la presente investigación el área fue mayor (16.58 cm<sup>2</sup>). Estrada y col. (2008) indicaron un área del ojo de chuleta para ovinos Pelibuey con peso final de 25.17 y 28.68 alimentados con SE y SM respectivamente, entre 6.01 y 7.14 cm<sup>2</sup>, valores muy inferiores a lo obtenido en esta prueba

(16.33 cm<sup>2</sup> para SE y 16.09 cm<sup>2</sup> para SM). Gutiérrez y col. (2005) en corderos de la raza Pelibuey sacrificados a los 35 kg de peso vivo obtuvieron solamente 4.8 cm<sup>2</sup>.

#### **4.4. Fuerza de corte**

La fuerza de corte en carne de ovinos es de 2.81 kg para Dorset, 2.50 kg Dorper, 2.45 kg Katahdin y 2.44 kg Barbados Blackbelly x St. Croix respectivamente (Duckett y col., 1982) y 2.2 para cruzas Hampshire x Rambouillet (Kenth y col., 2003), estos valores estuvieron dentro del rango promedio de los resultados obtenidos en este estudio (2.66 kg). No se encontró referencia sobre fuerza de corte en carne de ovinos Pelibuey.

#### **5. Tamaño de Partícula**

Varios investigadores reportan que la susceptibilidad a la actividad enzimática no se ve influenciada por el tamaño del gránulo y otros sugieren que los más susceptibles son los que tienen aperturas de suficiente tamaño para que penetren las enzimas (Leach y Thomas, 1961; Sandstedt y col., 1962). Puede ser que la matriz proteica o algún inhibidor reducen la penetración de amilasa al grano (Osman y col., 1970). Sullins y col. (1971) reportan que es mejor reconstituir y posteriormente moler, esto debido que al moler previamente se inhiben las hormonas para la germinación por lo cual este proceso fisiológico no se lleva a cabo, esto explica el

porque el SQR en este estudio no mostró mejor respuesta sobre las demás variables productivas.

## **6. Almidón fecal**

Algunas revisiones (Rowe y col., 1999; Beretta y Kirby, 2004) han sugerido que la digestibilidad del almidón de los cereales en ovinos se acerca al 100%, por lo que es limitada la posibilidad de mejora en la digestión por procesamiento de los granos. Sin embargo Bowen y col. (2007b) reportaron una concentración de almidón fecal de 192 g/kg MS en ovinos alimentados con SE y de 193 g/kg de MS con SQ. En el presente estudio obtuvimos contracciones de almidón fecal de 114 y 178 g/kg MS para SQ y SE respectivamente. Bowen y col. (2007b) observaron que el tratamiento con sorgo expandido redujo ( $P < 0.05$ ) la concentración de almidón fecal en 79 g/kg MS pero no se reflejó en mejora en el comportamiento productivo y características de la canal, resultado similar a lo obtenido en esta investigación con SQR al presentar el menor contenido de almidón fecal (76 g/kg), sin embargo tuvo un comportamiento similar ( $P > 0.05$ ) con SEE. La cantidad de almidón fecal presente en el SM (225 g/kg) podría deberse a la alta tasa de pasaje debido a su tamaño de partícula (Chay. 2007, Ewing y col., 1986). Otro factor que determina la concentración de almidón fecal es el nivel de consumo, en

pruebas de metabolismo donde los animales tienen una restricción de consumo, se han observado digestibilidades del almidón de 99% con concentraciones de almidón fecal de 4 - 5 g/d (Mendoza et al, 1993). Por lo que la concentración de almidón fecal para SEE puede ser debida a un mayor nivel de consumo.

## **7. Energia Neta**

Los CMS observados fueron mayores a lo esperado posiblemente debido a que las formulas para calcular  $CMS_E$  utiliza los requerimientos de ENm del NRC (1985) formula establecida para calcular los requerimientos de ovinos de lana; pero en comparación con lo reportado por Solís y col., (1991), que trabajó con ovinos de pelo y solo utilizó el peso vivo, el  $CMS_0$  y el  $CMS_E$  de esta investigación son menores. Lo cual indica que se requiere una mayor investigación para la creación de ecuaciones de predicción del CMS.

El programa CNCP-S calcula los requerimientos de EM (Cannas y col., 2004), al convertirlo a ENm y ENg mediante las ecuaciones del NRC (2007) y compararlo con lo observado se subestiman los requerimientos 33% y 40%, respectivamente, lo cual podría deberse a que es un programa diseñado para borregas lecheras de lana. De la misma manera la predicción del GDP es inferior en un 42%, pero el CMS es subestimado solo en 8%.

La relación entre la ENm y ENg observadas y esperadas de todos los tratamientos es similar y próxima a uno, lo cual demuestra, por un lado, que con el uso de formulas y el aporte energético de la dieta se puede predecir los requerimientos de EN y por otro que las dietas ofrecidas cubrieron los requerimientos de energía neta.

Los valores calculados de ENm y ENg (Mcal/kg) por la técnica de reemplazo de los tratamientos de sorgo muestran que el SE presentó 10% y 5.4% menor valor de ENm y ENg respecto al sorgo molido. Sin embargo los tratamientos con reconstitución y ensilaje presentaron mayor valor energético, para el caso de SQE fue 1.5 y 1.54% mayor en ENm y ENg respectivamente en comparación con SM y para SEE fue 3.9 y 3% mayor en ENm y ENg respectivamente con relación a SM y 9.6 y 8.9% con relación a SE. Por lo que el tratamiento SEE tiene el mayor valor de EN. La técnica de reemplazo tiene algunas limitantes ya que los valores de EN derivados son precisos sólo si los valores de EN del ingrediente reemplazado es correcto, además de que las interacciones asociativas de los ingredientes que componen las dietas no sean importantes (el valor de EN de la dieta es equivalente al promedio ponderado del contenido de EN de cada ingrediente que conforma la dieta). (Plasencia y col., 2002) En este caso el valor de EN del sorgo molido especificado en la publicación mas actual

para requerimientos y aportes nutricionales para ovinos (NRC, 2007) se utilizó como referencia para el cálculo del contenido de de los tratamientos de sorgo.

## **8. Análisis de costos**

Con el costo actual de los granos es muy importante realizar investigación acerca de mejorar su valor alimenticio y aprovechamiento, sin embargo los costos de producción van a variar dependiendo de las condiciones particulares de la unidad de producción.

En cuanto al costo por kilogramo de peso ganado de los diferentes métodos de procesamiento del grano de sorgo en el presente estudio, el SQ seguido del SEE fueron los más económicos, aparte de de que al tener mejores GDP, el grano entero ensilado, se requieren menos días para llegar al peso final, disminuyendo los costos, aumentando el numero de engordas al año y evitando que les castiguen los precios por animales de mayor edad, además de que los productores puedan cubrir otro mercado, el de los cortes, ya que con el SEE se obtienen mejores canales para cortes.

## **X Conclusiones**

- Los corderos alimentados con SEE presentan mejor comportamiento productivo y características de la canal en comparación con SE.
- Los tratamientos de SQE vs. SEE son similares en el comportamiento productivo de corderos, sin embargo SEE presenta mayor rendimiento (52.88 vs. 51.07) y peso de piernas (5.64 vs. 4.79), respecto a SQE
- No se observaron diferencias en la deposición de grasa entre los tratamientos.
- Los corderos alimentados con SEE mostraron la mayor retención de energía debido al mayor consumo de alimento.
- Los valores EN para SEE son: 2.06 y 1.34 Mcal/kg de ENm y ENg respectivamente, 9.6 y 8.9% mayores respecto a sorgo entero.
- Considerando solo el concepto de alimento (grano tratado y suplemento), el costo por kg de peso ganado fue mas barato para SEE además de tener mayores GDP y características de la canal para cortes.

## XI Cuadros

**Cuadro 1. Biomasa con potencial para producción de etanol**

<b>Cultivo</b>	<b>Tecnología para producción de etanol</b>
Caña	Conocida y practicada
Maíz	Conocida y practicada
Sorgo dulce	Conocida
Yuca	Poco conocida

(Horta, 2006)

**Cuadro 2. Año agrícola, situación al 31 de diciembre del 2007**

Estado	TOTAL			RIEGO			TEMPORAL		
	Superficie sembrada (ha)	Producción obtenida (ton)	Rendimiento (ton/ha) obtenido	Superficie sembrada (ha)	% de la producción total	Superficie sembrada (ha)	% de la producción total	Superficie sembrada (ha)	% de la producción total
Tamaulipas	674949	2064329	3,1	203177	43.86	471772	56.14		
Nayarit	52683	274801	5,3	3278	5.09	49405	94.91		
Veracruz	13050	55490	4,3		0.00	13050	100.00		
San Luis Potosí	17234	46394	2,7	1127	7.26	16107	92.74		
Nuevo Leon	16498	33684	2,0	4524	33.82	11974	66.18		
Sinaloa	16278	23483	1,6	1987	45.01	14291	54.99		
Tabasco	4767	19634	4,1		0.00	4767	100.00		
Michoacan	4485	17969	4,0	4,43	99.08	55	0.92		
Chiapas	2155	7156	3,3	149	6.89	2006	93.12		
Jalisco	1329	5747	4,3	657	49.43	672	50.57		
Oaxaca	1525	4202	2,9	890	54.33	635	45.67		
Guerrero	675	2165	3,2	661	98.34	14	1.66		
Quintana Roo	900	1789	2,0		0.00	900	100		
Sonora	287	1368	4,9	237	95.32	50	4.68		
Baja Cal. Sur	469	1195	2,5	469	100.00				
Campeche	2330	409	1,8		0	2330	1000		
Colima	81	220	2,7	81	100				
Hidalgo	30	180	6,0	30	100				
Guanajuato	10	50	5,0	10	100				
Morelos	0	2	5,0	0	100				
<b>TOTAL</b>	<b>809735</b>	<b>2563947</b>	<b>3,2</b>	<b>221707</b>	<b>37.96</b>	<b>588028</b>	<b>62.04</b>		

SAGARPA Secretaria De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación  
(SIAP, SAGARPA, 2008)

**Cuadro 3. Costos de producción de etanol en México (US\$/t)**

	<b>Caña miel rica</b>	<b>Maíz vía seca</b>	<b>Sorgo</b>	<b>Yuca</b>
Materia prima	0.21	0.30	0.59	0.30
Inversiones	0.09	0.07	0.19	0.23
Energía	0.00	0.09	0.00	0.15
Otros	0.21	-0.02	0.10	0.11
Total	0.52	0.44	0.82	0.79

(Horta, 2006)

**Cuadro 4. Contenido de almidón (g)**

	<b>Media (g/kg)</b>	<b>DE±</b>
Maíz	703.9	47.7
Sorgo	723.4	47.9
Cebada	578.2	47.4
Trigo	675.5	47.6

(Offner y col., 2003)

**Cuadro 5. Tamaño de partícula en grano de sorgo**

<b>Tamaño partícula</b>	<b>Molido grueso</b>	<b>Molido Fino</b>	<b>Hojueleado &amp; rolado</b>	<b>Reconstituido &amp; rolado</b>
> 0.714 cm	0	0	2.3	0
0.635-0.714 cm	0	0	19.1	0.2
0.476-0.625 cm	0	0	47	17.6
0.318-0.476 cm	2.4	0	21.5	40.3
0.212-0.318 cm	9.1	1.6	5.1	16.8
0.141-0.212 cm	22.4	14.4	2	7.9
0.102-0.141 cm	20.4	22.1	0.9	3.8
0.05-0.102 cm	22.3	27.4	1	5.6
<0.05 cm	23.4	34.5	1.1	7.8

Porcentaje de cada fracción encontrada cuando fue cribado a través de tamices del tamaño indicado

(Buchanan, 1968)

**Cuadro 6. Tamaño de partícula en grano de sorgo**

<b>Diámetro criaba (micrones)</b>	<b>Rolado seco</b>	<b>Micronizado</b>	<b>Hojueleado al vapor</b>	<b>Molido</b>
4000	0	52.6	34.7	-
2000	2.1	34.0	46.0	-
1000	72.0	5.6	9.4	22.5
500	14.7	4.7	5.5	34.0
250	5.6	1.0	1.9	18.0
125	3.3	0.7	1.6	7.3
Base	2.3	0.4	0.9	18.2
Diámetro geométrico (micrones)	1023	-	-	398
Desviación estándar geométrica	1.48	-	-	1.63
Densidad (g/l)	-	335	361	-

Porcentaje retenido en cada criba  
(Hinman y Johnson, 1974)

**Cuadro 7. Comparación entre el rolado grueso y fino**

<b>Tratamiento</b>	<b>Rolado Grueso</b>	<b>Rolado Fino</b>	<b>Porcentaje de Mejora</b>
Consumo Materia seca, kg/día	10,60	11,05	- 4,0 %
Ganancia, kg/día	1,51	1,55	+ 3,0 %
Conversión	7,60	7,06	+ 7,1 %

Resumen de cinco ensayos de Kansas, (220 novillos de un  
año, 14 corrales).  
(Stock y Mader, 2005).

**Cuadro 8. Comportamiento productivo de corderos alimentados con grano de sorgo molido (M) y entero (E)**

<b>Tratamiento</b>	<b>100M:0E</b>	<b>50M:50E</b>	<b>0M:100E</b>
Peso inicial (kg)	25.79	25.49	26.90
Peso final (kg)	37.75	38.75	40.28
CMS kg día <sup>-1</sup>	0.981	1.063	1.078
GDP kg día <sup>-1</sup>	0.199	0.221	0.242
CA	4.960	4.800	4.450

GDP Ganancia diaria de peso

CA Conversión alimenticia

(García y col. 2008)

**Cuadro 9. Métodos de procesamiento del grano de sorgo en novillos**

Ensayos	Método de Procesamiento		Diferencia con el Método Controlado		
	Prueba	Control	ADP %	Consumo %	Conversión %
4	Pelletizado	Rolado	+ 5	- 8	+ 7
5	Molido Fino	Rolado Seco	- 1	- 2	+ 1
10	Molido Fino	Molido Grueso	+ 1	- 6	+ 5
3	Rolado Fino	Rolado Grueso	- 4	- 3	0
4	Rolado c/Vapor	Rolado Seco	- 2	0	- 2
8	Pelletizado	Molido	+ 4	- 6	+ 9

(Stock y Mader, 2005)

**Cuadro 10. Fases del proceso de fermentación en grano**

<b>Fase</b>	<b>Proceso</b>	<b>Bacterias</b>	<b>Ácido</b>	<b>Tiempo (días)</b>	<b>Temper. °C</b>	<b>pH</b>
1	Respiración celular, Producción CO <sub>2</sub>			1-2	20	6
2	Producción de ácido láctico por ataque de coliformes	Coniformes, Clostridium	Acético, Butírico	2-4	30	6
3	Producción ácido láctico por bacterias lácticas, baja concertación de bacterias productoras de ácido acético.	Lactobacilos	Láctico	4-5	30	6
4	Formación de ácido láctico	Lactobacilos Streptococcus	Láctico	6	35-40	4.2
5	Depende de la fase 4: a. Si hubo una buena producción de ácido láctico el material se mantiene b. Si no hubo una buena producción de ácido láctico, hay pérdida de nutrientes, mala calidad del ensilaje y pérdida total					
6	Estabilización		Láctico	20-30	20-35	3.8

(Vinicio y Díaz, 2005)

**Cuadro 11. Tratamientos físicos previos a la reconstitución del grano de sorgo en bovinos**

Procesos	Ganancia kg/día	Conversión	Diferencia con Molido Seco
Molido Seco	1,04	5,7	
Almacenado Entero	1,18	5,1	+ 9,4
Almacenado Molido	1,04	5,9	- 4,8

(Stock y Mader, 2005)

**Cuadro 12. Composición nutricional promedio de diferentes granos húmedos y ensilado de maíz**

Variable	Grano Húmedo			Ensilado de Maíz PE
	Trigo	Maíz	Sorgo	
MS, %	78.0	81.8	78.0	37.8
DMO, %	60.6	65.3	67.6	65.4
PC, %	11.5	8.8	7.4	5.3
FDA, %	3.6	4.0	6.4	30.0
FDN, %	12.4	9.3	9.9	50.0
Cenizas, %	1.94	1.48	1.79	5.82
ENL, Mcal/kg MS	2.01	2.00	1.96	1.48

PE: Planta entera, MS: Materia seca, DMO: Digestibilidad materia orgánica, PC: Proteína cruda, FDA: Fibra detergente acida, FDN: Fibra detergente neutra, ENL: Elementos libres de nitrógeno

(Acosta 2006)

**Cuadro 13. Calidad nutricia de diferentes tipos de grano de sorgo húmedos.**

Tratamientos	MS %	PB %	FDN %	FDA %	DIVMS %	N-NH <sub>3</sub> /NT %	pH
Sin tanino	58,8	8,5	17,0	7,7	81,6	8,5	4,3
Con tanino	63,2	8,4	23,2	13,4	75,3	8,7	5,3
Con tanino + urea	63,7	12,5	26,1	16,7	74,7	--	8,6*

(\*) El valor de pH es alto, debido al aporte de la urea (Acosta 2006)

**Cuadro 14. Evaluación la calidad nutricia de grano de maíz y sorgo seco, altos en humedad y tratados con ácidos para su almacenamiento en dietas para corderos**

	Maíz	Sorgo grano			
		NBRS	Seco	Ensilado Tx ácido	
CMS, kg	1.333	1.367	1.500	1.155	1.401
CMS grano, kg	1.045	1.089	1.045	0.877	1.129
CA, kg	4.94	5.56	4.94	4.93	5.67
CA granos, Kg	3.86	4.42	3.86	3.74	4.57
GDP, kg	0.270	0.245	0.270	0.235	0.253

NBRS: Sorgo no resistente a aves

Tx ácido: ChemStor de Cleanese Chemical Company, liquido preservador de granos, contiene 57% de ácido acético, 40% ácido propiónico y 3% de agua

CMS: consumo de materia seca, CA: conversión alimenticia (kg consumo/kg ganancia de peso), GDP: ganancia diaria de peso

(Harpster y col., 1975)

**Cuadro 15. Comparación de tres métodos para procesar grano de sorgo en bovinos**

	Rolado en seco	Rolado con vapor	Reconstituido
GDP, Kg	1,16	1,25	1,25
CMS, Kg/día	7,62	7,26	7,13
CA	6,57	5,80	5,67
Grano en la ración	74 %	74 %	78 %
Mejora de la conversión		11,6 %	13,7 %

GDP: ganancia diaria de peso, CMS: consumo de materia seca, CA: conversión alimenticia (kg consumo/kg ganancia de peso).

(Stock y Mader, 2005).

**Cuadro 16. Ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) de bovinos alimentados con grano de sorgo húmedo o reconstituido vs. grano seco molido fino**

<b>Procesos</b>	<b>GDP kg</b>	<b>CA kg</b>	<b>Diferencia con Molido Fino Seco</b>
Molido fino seco	1,09	6,3	
Reconst. molido	1,04	5,8	8,3 %
Reconst. rolado	1,22	5,3	16,8 %
Grano hum. molido	1,00	5,4	14,8 %
Grano hum. rolado	1,18	5,2	18,3 %

GDP: ganancia diaria de peso, CA: conversión alimenticia (kg consumo/kg ganancia de peso)  
(Stock y Mader, 2005)

**Cuadro 17. Efecto de nivel de humedad en la reconstitución del grano en la ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) en bovinos**

<b>Procesos</b>	<b>Ganancia Kg/día</b>	<b>Conversión</b>
Rolado seco	1.13	6.1
Reconstituido 22 %	1.22	5.9
Reconstituido 30 %	1.09	5.4
Reconstituido 38 %	1.04	5.4

(Stock y Mader, 2005).

**Cuadro 18. Efecto del procesamiento del grano de sorgo en la utilización de la energía y retención de nitrógeno en ovinos**

<b>Energía</b>	<b>Molido grueso</b>	<b>Molido fino</b>	<b>Hojueleado al vapor</b>	<b>Reconstituido y rolado</b>	<b>S.E.</b>
Consumida, Kcal/d	3250	3402	3148	3113	...
Fecal, kcal/d	672.8	697.1	661.4	605.5	...
Digestibilidad, %	79.3	79.5	79	80.6	0.9
Energía digestible (kcal/kg)	3419	3462	3445	3486	42.1
Urinaria, kcal	133	140	118	128	...
Metano, kcal	16.1	19.5	14.2	14.9	...
Energía Metabolizable, kcal/kg	3220	3259	3261	3289	48.1
Energía Metabolizable, %	74.7	74.8	74.8	76	1.1
<b>Retención de nitrógeno</b>					
Absorbido	14.3	14	12.5	13.8	...
Urinario	9.51	9.67	8.4	8.64	...
Retenido % del consumo	24.5	22.2	21.9	27.2	3.8

(Buchanan, 1968)

**Cuadro 19. Inventario mundial ovino en 2006 y 2007 (numero de cabezas)**

	2006		2007	
	Cabezas	%	Cabezas	%
China	151,337,202	13.9	146,018,203	13.4
Australia	91,028,408	8.3	85,711,187	7.9
India	63,558,000	5.8	64,269,000	5.9
Nueva Zelanda	40,098,191	3.7	38,460,477	3.5
México	7,287,446	0.7	7,500,000	0.7
Estados Unidos	6,230,000	0.6	6,165,000	0.6
Resto del mundo	732812513	67.1	738757661	68.0
<b>Total</b>	<b>1,092,351,760</b>		<b>1,086,881,528</b>	

(FAOSTAT, 2007)

**Cuadro 20. Ganancia diaria de eso (GDP), consumo de materia seca (CMS) y eficiencia alimenticia (EA) de ovinos de pelo, lana y cruza pelo x lana con dietas a base de forraje.**

<b>Dieta</b>	<b>Raza</b>	<b>GDP g/d</b>	<b>CMS g/d/PV<sup>0.75</sup></b>	<b>EA kg</b>	<b>Referencia</b>	<b>Ubicación</b>
Pellet de pasto bermuda, 8.9% PC	Blackbelly	48	95		Mann y col., 1987	E.U.A.
	BB x DO	48	101			
	Dorset	37	100			
Orchard alfalfa, heno, 12.7% CP	Blackbelly		92		Mann y col., 1987	E.U.A.
	BB x DO		84			
	Dorset		77			
Concentrado (94%) y pasto guinea (6%)	Pelibuey-♂		95	5.50	Pineda y col. 1998	México
	Pelibuey-♀	182	85	7.94		
	Wool x PE- ♂	239	136	5.33		
	Wool x PE- ♀	182	142	6.85		
Pasto pangola, heno, 9% PC	Blackbelly dried: fresh:		53 61		Archimede y col. 1999	Las Antillas
	Pelibuey	250	89	4.9		
Pasto Klein y concentrado, 15% PC	0% forage	207	111	7.1	Fimbres y col., 2002	México
	10% forage	203	127	7.6		
	20% forage	174	132	10.3		
	30% forage					
Heno de alfalfa, 16.7% PC	Blackbelly	87	109	10.53	Wildeus y col., 2007	E.U.A.
	Katahdin	131	107	9.11		
	St. Croix	117	107	8.73		

GDP: ganancia diaria de peso, CMS: consumo de materia seca, EA: eficiencia alimenticia.  
(Stephan, 2006)

**Cuadro 21. Parámetros productivos y reproductivos de razas tropicales de ovinos en pastoreo**

Peso al nacimiento, kg	2.6	± 0.15
GDP antes del destete, g/d	122.6	± 26.8
GDP después del destete, g/d	112.4	± 39.8
Rendimiento en Canal, %	44.7	± 2.9
Producción de leche, kg	0.58	± 1.06
Prolificidad, corderos	1.3	± 0.15
Intervalo entre partos, días	247.0	± 53
Intervalo entre estros, días	14.1	± 2.1

GDP Ganancia Diaria de Peso  
(Combellas, 1980)

**Cuadro 22. Consumo de materia seca (MS) de borregos Pelibuey comparados con valores de INRA (1978), ARC (1984) y NRC (1985)**

Peso kg		Pelibuey	INRA (1984)	ARC (1984)		NRC (1985)
				Forraje	Concentrado	
20	MS g/d	1050	850-900	360-610	980-1030	1000
	MS % PV	5.3	4.3-4.5	1.5-1.3	4.9-4.2	5.0
30	MS (g/d)	1330	1400	460-870	1070-1270	1300
	MS (% PV)	4.5	4.0-4.7	1.6-2.9	4.2-3.5	4.3

MS Materia Seca, PV Peso vivo, INRA L'institut National de recherche agronomique, ARC Animal Resources Center, NRC National Research Council  
(Solis, y col., 1991).

**Cuadro 23. Consumo de materia seca (MS, g/día) estimada en ovinos Pelibuey de acuerdo al peso y contenido de energía metabolizable (EM, Mcal/kg de MS) en la dieta**

Contenido de EM (Mcal/kg de MS)	Peso (kg)			
	15	20	25	30
2.2	859	997	1134	1272
2.5	936	1074	1211	1350
2.8	1014	1152	1289	1427

(Solís y col. 1991).

**Cuadro 24. Consumo de materia seca (CMS) en % de peso vivo (%PV) de ovinos de pelo y lana**

FUENTE	CMS, %PV
<b>PELO</b>	
Solís y col., 1989	4.50
US Feed Grains Council	3.33
Gutiérrez y col., 1995	3.75
Pérez y col., 1993	4.13
Jiménez y Shimada 1984	4.69
Aguilera y col., 1995	5.88
<b>LANA</b>	
NRC 1985	4.15
ARC 1984	3.85
INRA 1978	4.35
Lichtenwalner y col. 2008	2.24

(Partida, 2008)

**Cuadro 25. Composición química de la carne de diferentes especies (%)**

<b>Carne</b>	<b>Agua</b>	<b>Proteína</b>	<b>Grasa</b>	<b>Minerales</b>	<b>Energía Kcal/100 G</b>
Vacuno	76.4	21.8	0.7	1.2	96
Cerdo	75	21.9	1.9	1.2	108
Cordero	75.2	19.4	4.3	1.1	120
Cabra	70	19.5	7.9	1.1	153
Conejo	69.6	20.8	7.6	1.1	155
Pollo	72.7	20.6	5.6	1.1	136

(Solís, 2005)

**Cuadro 26. Efecto del medio ambiente y la densidad energética de la dieta sobre el rendimiento en canal (%) y el grado de engrasamiento de la misma, en ovinos**

<b>Densidad energética, Mcal EM</b>	<b>Rendimiento, %</b>	
	<b>Templado</b>	<b>Trópico</b>
2.4	49.1	50.1
2.6	51.6	51.6
2.4	0.970	0.950
2.6	0.937	0.945

EM: Energía metabolizable

(Romano, 1989)

**Cuadro 27. Medias  $\pm$  desviación estándar para peso y rendimiento de la canal y profundidad del músculo *Longissimus dorsi* en ovinos de pelo**

<b>Característica</b>	<b>Media</b>
Peso vivo, Kg	45.55 $\pm$ 2.36
Peso canal, Kg	
Caliente	25.26 $\pm$ 1.44
Fría	23.07 $\pm$ 1.33
Rendimiento canal, %	
Caliente	55.51 $\pm$ 2.96
Fría	50.70 $\pm$ 2.77
<u>Área del <i>Longissimus dorsi</i>, cm<sup>2</sup></u>	<u>15.22 <math>\pm</math> 3.57</u>

(Vargas y col., 2007)

**Cuadro 28. Influencia de la alimentación de finalización en corderos de engorda**

	<b>Alfalfa</b>	<b>100% Concentrado</b>	<b>Ryegrass + Concentrado</b>	<b>SEM</b>
Peso inicial, kg	28.3	28.6	27.9	0.5
Peso final, kg	48.4	45.3	48.5	0.6
GDP, g/d <sup>a</sup>	211	316	180	21

GDP: Ganancia diaria de peso

<sup>a</sup> P < 0.05

(Acurero, 2000)

**Cuadro 29. Comportamiento productivo de corderas  
suplementadas con diferentes niveles de energía y proteína**

Factores	Tratamiento			
	BPBE	BPAE	APBE	APAE
Peso inicial, kg	17.3	17.6	17.7	17.6
Peso final, kg	26.5	31.6	27.3	32.4
Ganancia diaria de peso, g	75.4 <sup>b</sup>	117.2 <sup>a</sup>	78.7 <sup>b</sup>	121.3 <sup>a</sup>
Consumo forraje, g/día	460	490	480	500
Consumo suplemento, g/día	510	510	510	510

BPBE = Baja proteína - Baja energía

BPAE = Baja proteína - Alta energía

APBE = Alta proteína - Baja energía

APAE = Baja proteína - Alta energía

<sup>a,b</sup>: Promedios con distintas literales son diferentes (P < 0.05).

(Acurero, 2000)

**Cuadro 30. Evaluación de las características de la canal de corderos alimentados con grano de maíz y sorgo seco, altos en humedad y tratados con ácidos para su almacenamiento en dietas para corderos**

Totales	MAIZ	SORGO GRANO			
		NBRS	SECO	ENSILADO	Tx acido
Rendimiento, %	47.8	48.6	47.7 <sup>b</sup>	47.4 <sup>b</sup>	49.6 <sup>c</sup>
Área ojo chuleta, cm <sup>2</sup>	12.4	12.9	12.5	12.1	13.1
Cobertura de grasa, cm	0.26	0.24	0.26	0.22	0.26
Grasa perirrenal, %	2.85	2.78	2.82	2.78	2.79
Conformación <sup>d</sup>	11	11	11.5	10.9	10.8
Marmoleo <sup>e</sup>	4.2	4.2	4.5	4	4.3
Firmeza <sup>f</sup>	2.6	2.4	2.5	2.5	2.5
Color grasa <sup>g</sup>	2.8	2.8	2.9	2.9	2.7

NBRS: Sorgo no resistente a aves

Tx ácido: ChemStor de Cleanese Chemical Company, liquido preservador de granos, contiene 57% de ácido acético, 40% ácido propiónico y 3% de agua

<sup>b, c</sup> p < 0.05

<sup>d</sup> Bajo Choice 10, Promedio= 11, Alto Choice= 12

<sup>e</sup> Trazas=3, significante= 4, poco= 5

<sup>f</sup> Suave= 1, medio= 2, firme= 3

<sup>g</sup> amarilla= 1, crema= 2, blanca= 3

(Harpster y col., 1975)

**Cuadro 31. Composición de las dietas utilizadas**

Ingrediente, % BS	Tratamiento <sup>a</sup>				
	SE	SQE	SEE	SQ	SM
Sorgo, grano					
SE	72	0	0	0	0
SQE	0	72	0	0	0
SEE	0	0	72	0	0
SQ	0	0	0	72	0
SM	0	0	0	0	72
Alfalfa, heno	11.80	11.80	11.80	11.80	11.80
Soya, pasta	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26
Avena, heno	4.97	4.97	4.97	4.97	4.97
Melaza, caña	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66
Carbonato de Calcio	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Ortofosfato	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Sal	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Minerales Traza <sup>b</sup>	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
<b>Composición estimada, % BS</b>					
MS %	100	100	100	100	100
ED Mcal/kg	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94
ENm Mcal/kg	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95
ENg Mcal/kg	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
Proteína Total %	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90
Proteína no degradable %	6.54	6.54	6.54	6.54	6.54
Bypass %	55.16	55.16	55.16	55.16	55.16
FDN %	26.60	26.60	26.60	26.60	26.60
Ca, %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
P total %	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37

<sup>a</sup>SE= sorgo entero, SQE= sorgo reconstituido quebrado, SEE= sorgo reconstituido entero, SQ= Sorgo Quebrado, SM= Sorgo Molido.

<sup>b</sup> Minerales Traza: Mg 10%, Zn 10%, Fe 10% Cu 2%, I 0.12%, Se 0.06%, Co 0.02%, Excipiente, cbp 1000 gr.

**Cuadro 32. Efecto del método de procesamiento de grano de sorgo sobre la ganancia diaria de peso (GDP), consumo de materia seca (CMS) y eficiencia alimenticia (GDP/CMS)**

	Tratamientos <sup>a</sup>					EEM <sub>b</sub>
	SE	SQE	SEE	SQ	SM	
Unidades Experimentales	4	3	4	4	4	
Peso inicial, kg	33.00	36.67	33.38	32.50	35.25	
Peso final, kg <sup>c, d</sup>	41.50	46.40	44.43	41.50	44.58	1.20
GDP kg <sup>c, d</sup>	0.189	0.216	0.246	0.200	0.207	0.01
CMS, kg/d <sup>f, g</sup>	1.189	1.296	1.331	1.158	1.247	0.01
CMS, %PV <sup>d, e</sup>	3.19	3.12	3.42	3.13	3.12	0.01
CMS, g/kg PV <sup>0.75</sup>	78.85	79.19	85.44	77.20	78.52	0.01
GDP/CMS <sup>h</sup>	0.16	0.17	0.19	0.17	0.17	0.01
Almidón fecal, g/kg MS <sup>g, i</sup>	178	76	165	114	225	15.2

<sup>a</sup> SE= sorgo entero, SQE= sorgo quebrado reconstituido y ensilado, SEE= sorgo entero reconstituido y ensilado, SQ= sorgo quebrado y SM= sorgo molido.

<sup>b</sup> EEM= Error estándar de la media

<sup>c</sup> Peso final ajustado a la canal (peso canal caliente/0.5115)

<sup>d</sup> SE vs SEE (P < 0.05)

<sup>e</sup> SQE vs SEE (P < 0.05)

<sup>f</sup> SE vs SEE (P < 0.01)

<sup>g</sup> SQE vs SEE (P < 0.10)

<sup>h</sup> SE vs SEE (P < 0.10)

<sup>i</sup> SQ vs SM (P < 0.05)

**Cuadro 33. Efecto del método de procesamiento de grano de sorgo sobre la estimación de energía observada y esperada**

	Tratamientos <sup>a</sup>					EEM <sup>b</sup>
	SE	SQE	SEE	SQ	SM	
ENm req, Mcal/d <sup>c, k</sup>	0.84	0.92	0.87	0.84	0.89	0.01
ER, Mcal/d <sup>d, k</sup>	0.79	0.97	1.07	0.83	0.91	0.01
CMS <sub>E</sub> , kg/d <sup>e, k</sup>	1.04	1.21	1.26	1.06	1.15	0.01
CMS O/E <sup>f</sup>	1.16	1.07	1.06	1.09	1.09	0.02
ENm <sub>o</sub> dieta, Mcal/d <sup>g, k</sup>	2.08	2.40	2.49	2.11	2.28	0.01
ENm <sub>E</sub> dieta, Mcal/d <sup>h, k</sup>	2.02	2.37	2.46	2.07	2.24	0.03
ENm O/E, Mcal/d <sup>f</sup>	1.03	1.02	1.01	1.02	1.02	0.01
ENg <sub>o</sub> dieta, Mcal/d <sup>i, k</sup>	1.33	1.57	1.64	1.37	1.49	0.01
ENg <sub>E</sub> dieta, Mcal/d, <sup>j, l</sup>	1.36	1.59	1.65	1.39	1.51	0.02
ENg O/E, Mcal/d <sup>f</sup>	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.01

<sup>a</sup> SE= sorgo entero, SQE= sorgo quebrado reconstituido y ensilado, SEE= sorgo entero reconstituido y ensilado, SQ= sorgo quebrado y SM= sorgo molido.

<sup>b</sup> EEM= Error estándar de la media

<sup>c</sup> ENm req: Requerimiento de energía neta de mantenimiento  
Mcal/d = 0.056 \* (peso vivo)<sup>0.75</sup>

<sup>d</sup> ER: Energía retenida Mcal/d= 0.276 \* GDP \* (peso vivo)<sup>0.75</sup>

<sup>e</sup> CMS<sub>E</sub>= (ENm req / 1.95)+(ER / 1.31)

<sup>f</sup> O/E= observado sobre esperado

<sup>g</sup> ENm<sub>o</sub> dieta: Energía neta de mantenimiento observada de la  
dieta= (-B ± (√((B<sup>2</sup>)-4AC)))/2A

A= 0.877 \* CMS<sub>o</sub>

B= 0.877 \* ENm req + 0.41 \* CMS<sub>o</sub> + ER

C= 0.41 \* ER

<sup>h</sup> ENm<sub>E</sub> dieta: Energía neta de mantenimiento esperado en dieta=  
CMS \* 1.95

<sup>i</sup> ENg<sub>o</sub> dieta: Energía neta de ganancia observada dieta=  
(0.877 \* ENm<sub>o</sub>) - 0.41

<sup>j</sup> ENg<sub>E</sub> dieta: Energía neta de ganancia esperado en dieta=  
CMS \* 1.31

<sup>k</sup> SE vs SEE (P < 0.05)

<sup>l</sup> SE vs SEE (P < 0.10)

**Cuadro 34. Efecto del método de procesamiento de grano de sorgo sobre las características de la canal**

	Tratamientos <sup>a</sup>					EEM <sup>b</sup>
	SE	SQE	SEE	SQ	SM	
Unidades Experimentales	4	3	4	4	4	
Peso canal caliente, kg <sup>g</sup>	21.2	23.7	22.7	21.2	22.8	0.79
Rendimiento, % <sup>d,e,f</sup>	49.8	51.1	52.9	50.4	51.8	0.01
Grasa dorsal, mm	1.05	1.00	1.13	1.18	1.18	0.10
Área del ojo de chuleta, cm <sup>2</sup>	16.3	16.6	15.9	16.1	18.1	2.04
Fuerza de Corte, kg	2.66	3.44	2.38	2.53	2.30	1.04
<b>Medidas zoométricas</b>						
Longitud canal, cm	61.3	60.7	60.0	62.5	64.3	1.49
Profundidad de tórax, cm <sup>h</sup>	25.8	25.0	25.5	24.5	26.8	1.98
TH/G <sup>c, f, i</sup>	0.83	0.90	0.89	0.85	0.88	0.07
<b>Peso de cortes</b>						
Cuello, kg	3.29	3.32	3.34	3.29	3.26	0.75
Pecho, kg <sup>g, f</sup>	1.33	1.62	1.49	1.33	1.51	0.13
Espaldillas, kg	3.36	3.47	3.70	3.35	3.87	0.25
Rack, kg	2.66	2.83	2.80	2.59	2.59	0.29
Lomo, kg <sup>g, f</sup>	2.76	2.75	2.21	2.46	2.34	0.35
Falda, kg <sup>f</sup>	0.69	0.83	0.76	0.80	0.94	0.09
Grasa Perirrenal, kg	0.64	1.42	0.84	0.76	0.90	0.43
Piernas, kg <sup>d, g</sup>	5.04	4.79	5.64	4.93	5.61	0.22

<sup>a</sup> SE= sorgo entero, SQE= sorgo quebrado reconstituido y ensilado, SEE= sorgo entero reconstituido y ensilado, SQ= sorgo quebrado y SM= sorgo molido.

<sup>b</sup> EEM= Error estándar de la media

<sup>c</sup> TH/G: Relación profundidad tórax / ancho tórax

<sup>d</sup> SQE VS SEE (P < 0.10)

<sup>e</sup> SE VS SEE (P < 0.01)

<sup>f</sup> SE VS GPROC (P < 0.10)

<sup>g</sup> SE VS SEE (P < 0.05)

<sup>h</sup> SQ VS SM (P < 0.10)

<sup>i</sup> SE VS SEE (P < 0.10)

**Cuadro 35. Tamaño de partícula del grano de sorgo utilizado durante la prueba**

#Criba	Tratamientos <sup>a</sup>					
	mm	SE	SQE	SEE	SQ	SM
6	3.36	20.62 <sup>a</sup>	0.94 <sup>b</sup>	20.62 <sup>a</sup>	0.32 <sup>b</sup>	0.21 <sup>b</sup>
7	2.83 - 3.36	69.25 <sup>a</sup>	11.34 <sup>b</sup>	69.25 <sup>a</sup>	5.56b, <sup>c</sup>	4.29 <sup>c</sup>
10	2.0 - 2.83	9.59 <sup>a</sup>	31.58 <sup>c</sup>	9.59 <sup>a</sup>	23.12b, <sup>c</sup>	13.92a, <sup>b</sup>
20	0.85 - 2.0	0.50 <sup>a</sup>	44.30 <sup>b</sup>	0.50 <sup>a</sup>	54.33 <sup>c</sup>	41.65 <sup>b</sup>
30	0.60 - 0.85	0.03 <sup>a</sup>	7.16 <sup>b</sup>	0.03 <sup>a</sup>	9.54 <sup>b</sup>	24.25 <sup>c</sup>
40	0.42 - 0.60	0.01 <sup>a</sup>	2.35 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	3.03 <sup>a</sup>	8.30 <sup>b</sup>
Base	< 0.60	0.00 <sup>a</sup>	2.35a, <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	4.09b, <sup>c</sup>	6.87 <sup>c</sup>
<b>Tamaño Partícula</b>	<b>µm</b>	3059.7 <sup>a</sup>	1565.5 <sup>b</sup>	3059.67 <sup>a</sup>	1315.33 <sup>c</sup>	1016.67 <sup>d</sup>
<b>Área de superficie</b>	<b>cm<sup>2</sup>/g</b>	17.25 <sup>a</sup>	58.31 <sup>b</sup>	17.29 <sup>a</sup>	67.91 <sup>b</sup>	99.15 <sup>c</sup>
<b>Partículas/g</b>		28 <sup>a</sup>	2422 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	2020 <sup>a</sup>	11708 <sup>b</sup>
<b>DEG<sup>d</sup></b>	<b>mm</b>	1.10 <sup>a</sup>	1.93 <sup>b</sup>	1.12 <sup>a</sup>	1.90 <sup>b</sup>	2.07 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> SE = sorgo entero, SQE = sorgo reconstituido y ensilado quebrado, SEE = sorgo reconstituido y ensilado entero, SQ = sorgo quebrado y SM = sorgo molido.

<sup>a, b, c</sup>: Literales diferentes entre filas indican diferencia (P < 0.05)

<sup>d</sup> DEG: Desviación Estándar Geométrica

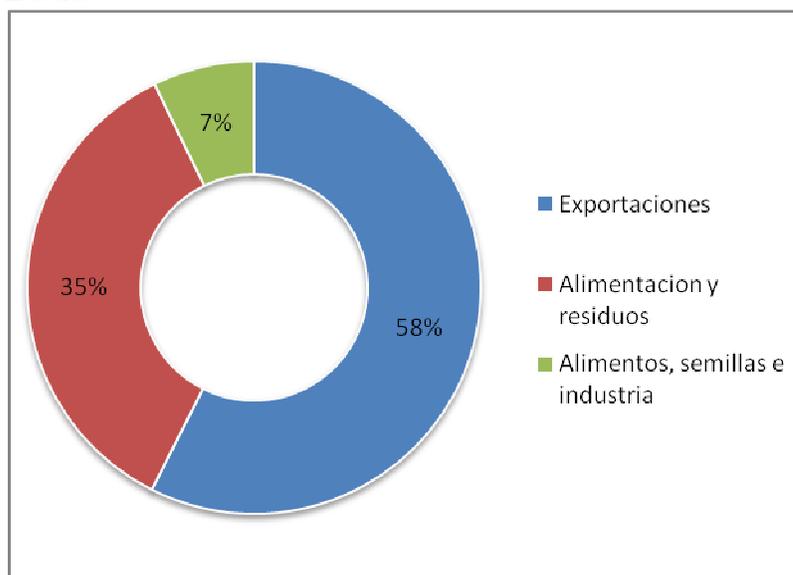
**Cuadro 36. Costo de alimentación por kilogramo de peso ganado por animal de los diferentes métodos de tratamiento de grano de sorgo**

	Tratamiento <sup>a</sup>				
	SE	SQE	SEE	SQ	SM
Precio por kg de grano	2.4	2.69	2.59	2.5	2.5
Ganancia de peso, kg	8.5	9.7	11.1	9.0	9.3
CMS (kg/d)	1.189	1.296	1.331	1.158	1.247
De granos	0.856	0.933	0.958	0.834	0.898
De suplemento	0.333	0.363	0.373	0.324	0.349
Consumo alimentación (BH, kg/d)	1.38	1.67	1.72	1.35	1.45
De granos	0.99	1.26	1.29	0.97	1.05
De suplemento	0.38	0.42	0.43	0.37	0.40
Costo alimentación (BH, \$/d)	4.38	5.55	5.57	4.37	4.71
Por granos	2.39	3.38	3.34	2.44	2.62
Por suplemento	1.99	2.17	2.23	1.94	2.09
Costo por kg de peso ganado	23.18	25.64	22.66	21.88	22.73

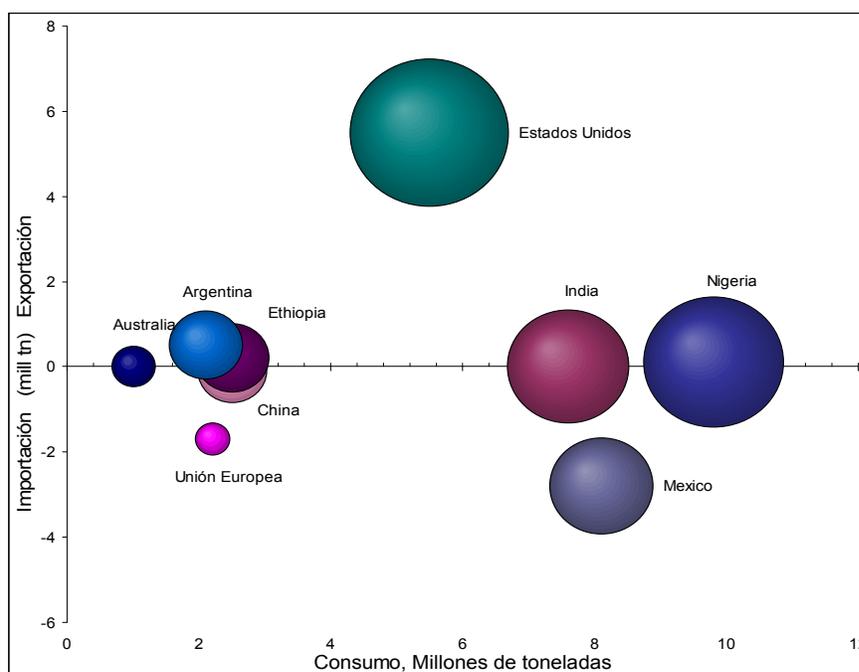
Moneda nacional

<sup>a</sup> SE = sorgo entero, SQE = sorgo reconstituido y ensilado quebrado, SEE = sorgo reconstituido y ensilado entero, SQ = sorgo quebrado y SM = sorgo molido.  
Costo por kg de Suplemento \$5.15

## XII Gráficas



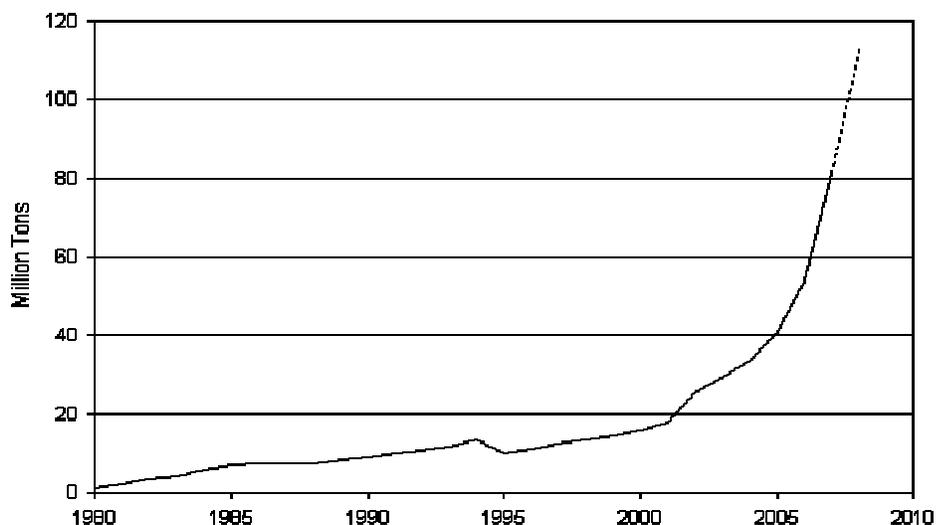
**Gráfica 1. Utilización de la producción mundial de sorgo**  
(U.S. Grains, 2008)



**Gráfica 2. Producción, exportación, importación y consumo de sorgo, 2007-08**

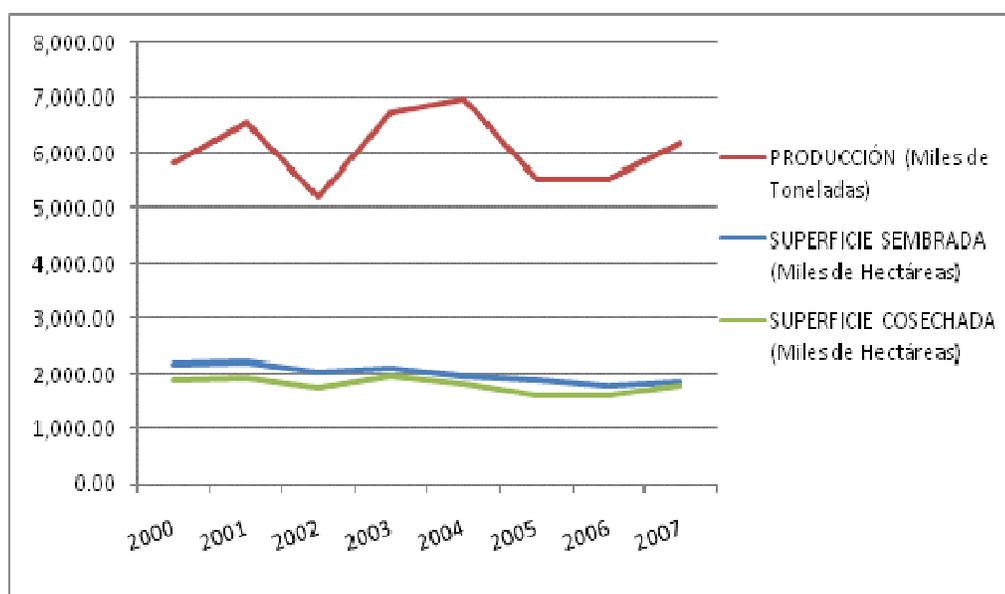
El tamaño indica la producción del país. En el eje horizontal muestra, si la esfera se encuentra por encima de la línea horizontal que el país es exportador y si se encuentra por debajo de la línea el país es importador. El eje vertical indica el nivel de consumo.

(ASERCA, 2008)



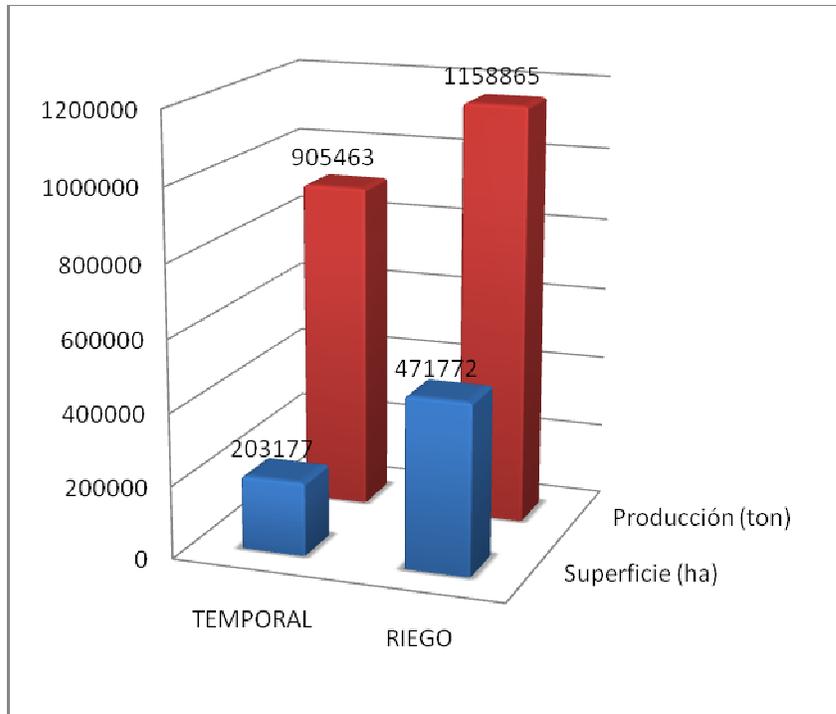
**Gráfica 3. Utilización de granos en E.U.A. para producción de etanol 1980-2010 y proyección para el 2008**

(Brown, 2008)



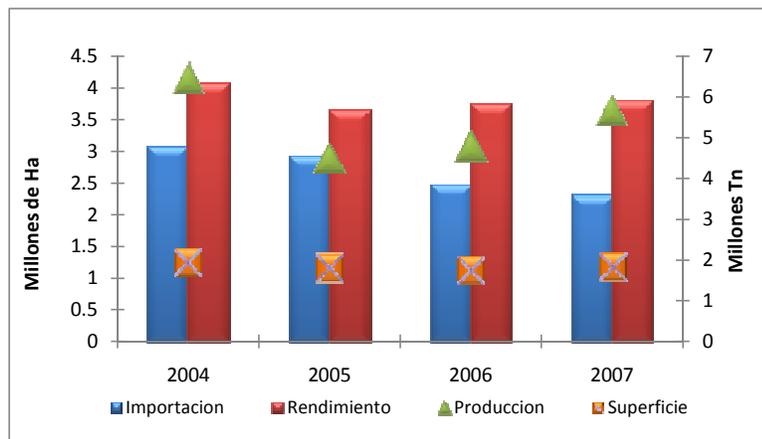
**Gráfica 4. Series históricas producción, superficie cosechada y sembrada de sorgo grano**

(SIAP, SAGARPA, 2008)



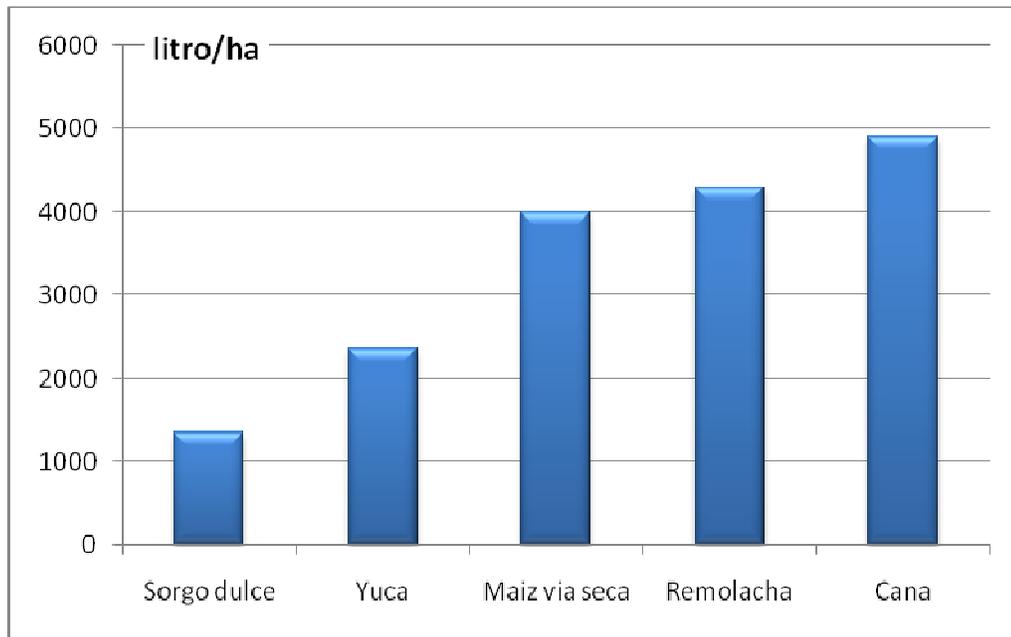
**Gráfica 5. Superficie sembrada (Ha) y Producción (ton) por temporal y riego de Tamaulipas, principal estado productor de Sorgo en México, 2008**

(SIAP, SAGARPA, 2008)

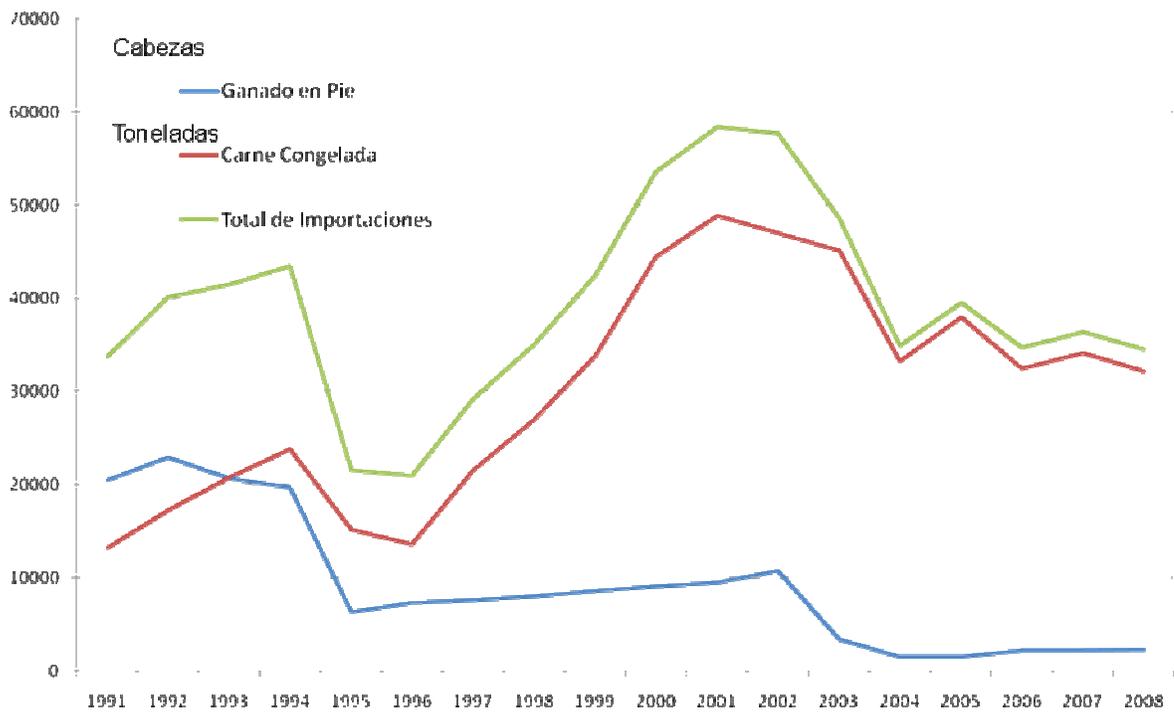


**Gráfica 6. Evolución en la producción Nacional de Sorgo**

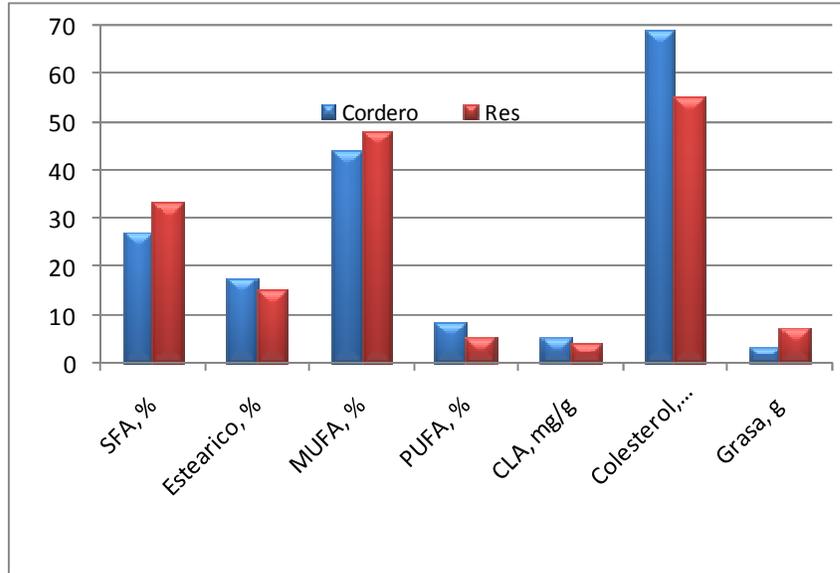
(SIAP, SAGARPA, 2008)



**Gráfica 7. Producción de etanol por hectárea de cultivo**  
(Horta, 2006)

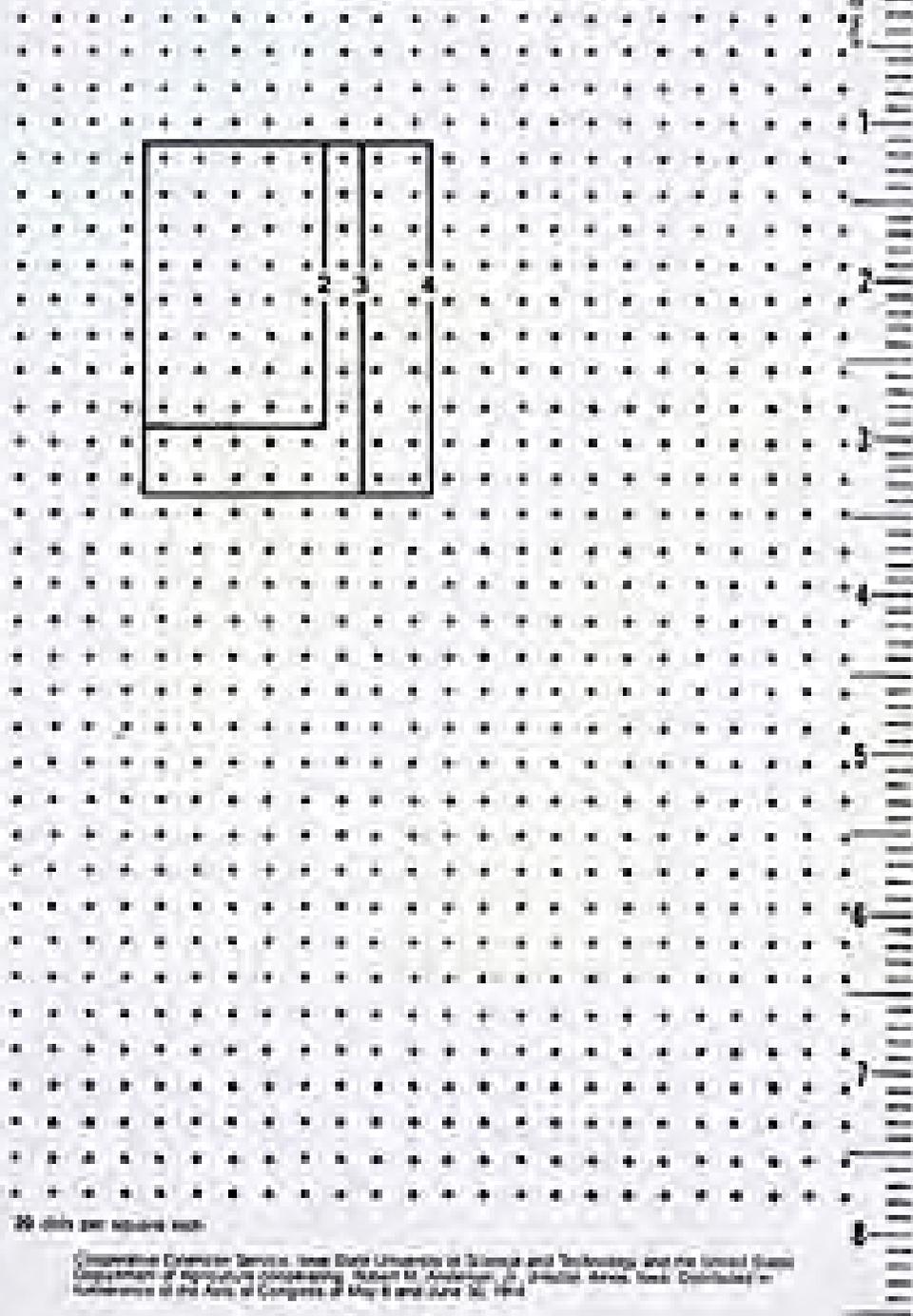


**Gráfica 8. Comportamiento de las importaciones de carne de ovino en México (periodo 1991-2008)**  
(UNO, 2008)

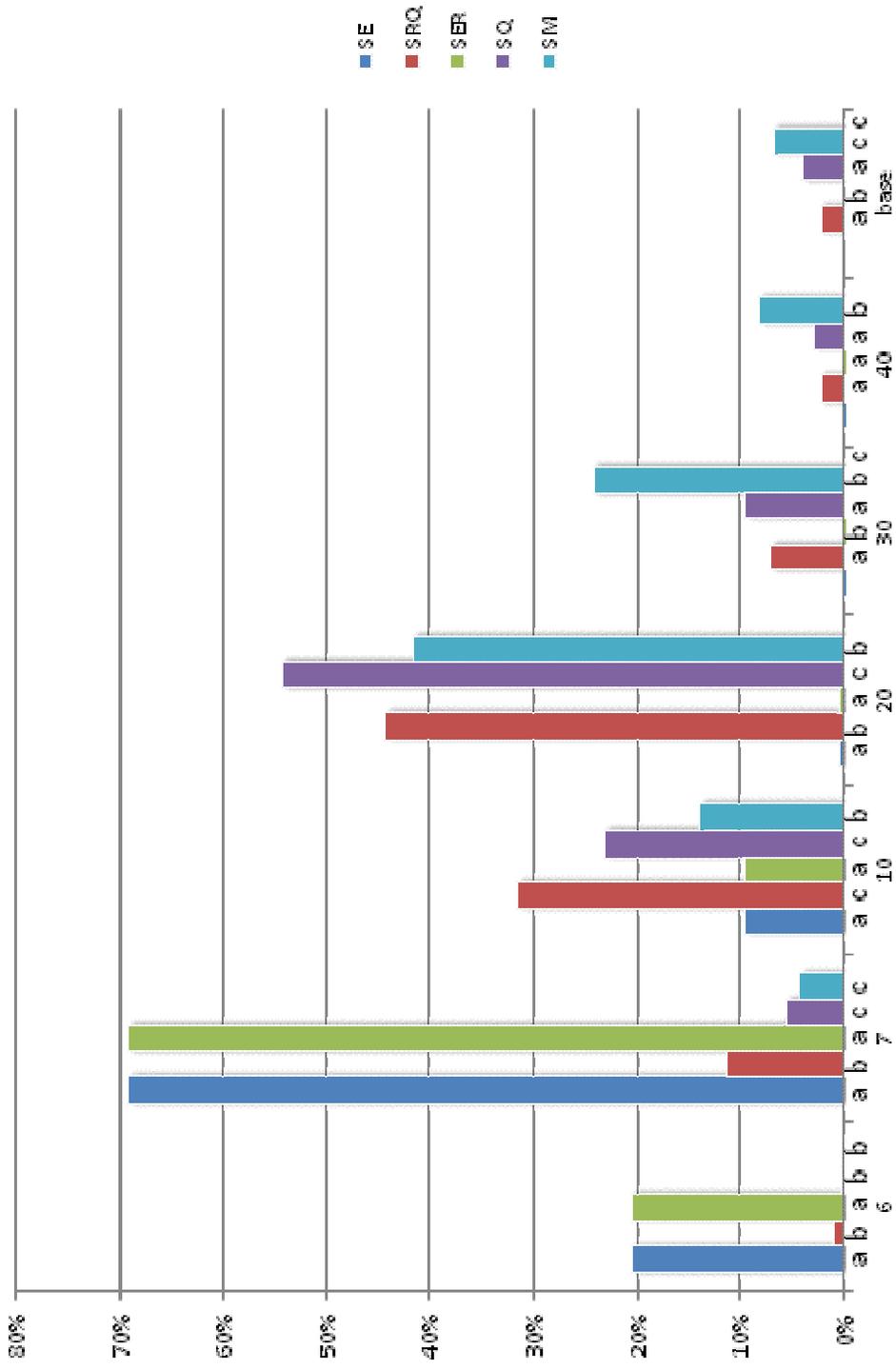


**Gráfica 9. Contenido de grasa y colesterol de carne de cordero y res**

(Duckett, 2004)

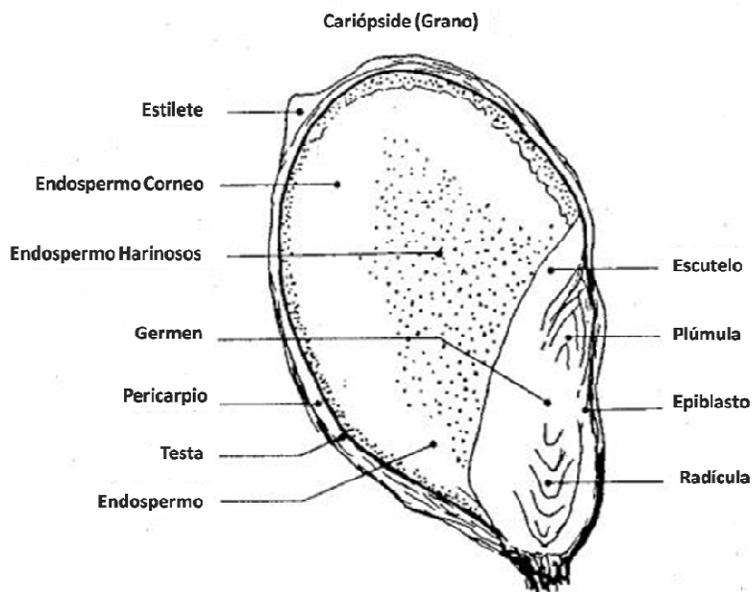


Gráfica 10 Gradilla para medir el área del ojo de la chuleta de ovinos y cerdos.

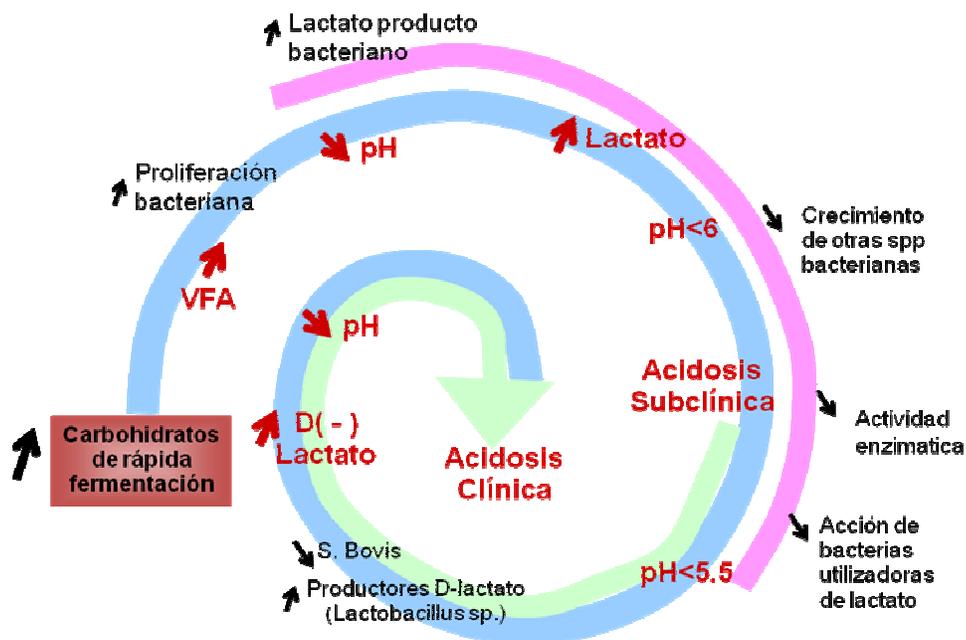


**Gráfica 11. Tamaño de partícula del grano de sorgo de las diferentes dietas utilizadas**  
 a, b, c: Literales diferentes entre filas indican diferencia (P < 0.05)

### XIII Ilustraciones



**Esquema 1. Estructura del grano de sorgo**  
(Sautier y O'Deye, 1989)



**Esquema 2. Patología de la acidosis**

#### **XIV Referencias**

1. Acosta YM. Comparaciones de ensilajes de grano húmedo de maíz, sorgo y trigo para producción de leche. 2006. Programa Nacional de Lechería, Uruguay.
2. Acurero M. Estrategias de suplementación en ovejas. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Zulia. Maracaibo, estado Zulia. FONAIAP DIVULGA No. 66 [serial online] 2000 Abril-Junio [cited 2008 Ago]. Disponible en: URL: <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/fd66/texto/estrategias.htm>
3. Agudelo RA, Alarcón OM, Flíedel G. Efecto de la cocción sobre la digestibilidad proteica del sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Arch. latinoam. Nutr. 1998. 48(1):47-51.
4. Aguilera R, López J, Márquez V. Comportamiento productivo de ovinos Pelibuey alimentados con dietas basadas en granos y de mazorca de Maíz completa. Rev. Vet. Méx. 1995. 26:251.
5. Albin RC, Durham RM. Ration additives and limited feed consumption for fattening steers. Livestock and Feeders Day Rpt., Texas Technological College. 1966. 43.

6. Aldrich JM, Muller LD, Varga GA. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1993. 76:1091-1105.
7. Alomar D, Pulido R. Efecto del hojuelado al vapor sobre la degradabilidad ruminal del grano de maíz. *Agro sur*. [serial online]. 2001 Jul, Vol. 29, No. 2 pp. 164-169 [citado 25 Marzo 2008]. Disponible en: URL: [http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-88022001000200009&lng=es&nrm=iso](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88022001000200009&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0304-8802.
8. AMSA. American Meat Science Association. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat. Chicago, Ill.: Am. Meat Sci. Assoc. 1995.
9. Anaya DL, Guevara MG, Argudin OS. Comportamiento productivo de ovinos engordados en corral utilizando Clorhidrato de Zilpaterol en el alimento. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, Asociación Latinoamericana de Producción Animal* 2005. 13, 4:161-190. ISSN: 1022-1301
10. Anaya J. Estrategias de aprovisionamiento de compra de insumos. Memorias de VI Encuentro Nacional de Porcicultura. 2007 Octubre 11. Puerto Vallarta

(Jalisco) México. Confederación de Porcicultores Mexicanos. Disponible en: URL:  
[http://www.cmp.org/eventos/6Enc\\_Memorias/JuanC\\_Anaya.pdf](http://www.cmp.org/eventos/6Enc_Memorias/JuanC_Anaya.pdf).

11. Andrade H. Nutrición y alimentación de ovinos en sistemas intensivos. Ponencia Magistral. Memorias del V seminario de Producción de Ovinos en el Trópico. 2006 Noviembre 29 al 1 de Diciembre. Villahermosa (Tabasco) México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT)- División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), Ovinocultores Asociados del Sureste, S.C. DE R.L.
12. Ángel MH, Bacallao LG, DOMINGUEZ DMR, Padilla DO. Almendro de La india: potencial biológico valioso. Revista Cubana Investigación Biomédica, Las Habana, 2003. 22, 1:41-7.
13. ARC, 1884. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Supplement 1. Agricultural Research Council, Commonwealth Agricultural Bureaux
14. Arciga CS, Gómez A. Estrategias en el uso de paja de maíz y sorgo grano en la alimentación de ovinos de pelo. (Tesis de licenciatura). Depto. de Zootecnia. UACH. Chapingo, Edo. de México, México. 1991.

15. Armstrong DG, Beever DE. Postabomasal digestion of carbohydrate in the adult ruminant. Proc. Nutr. Soc.1969. 28:121.
16. Arteaga JD. Ovinos y caprinos ganadería del futuro. ASMEXCRIOADORESDEOVINOS.org [homepage on internet]. México: Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos. México, 2005 [update 2005 Nov 24, cited 2008 Feb 10]. Disponible en: URL:  
<http://www.cnog.com.mx/Foros/pdf/Juan%20de%20Dios%20Arteaga%20Castelan%20-%20Situacion%20de%20la%20Ovinocultura%20en%20Mexico.pdf>
17. ASERCA, 2008. Coordinación General de Apoyos a la Comercialización Dirección General de Operaciones Financieras Dirección de Análisis y Estudios de Mercados, SAGARPA. [homepage on internet]. [update 2008 Jun, cited 2008 Dic 10]. Disponible en: URL:  
<http://www.aserca.gob.mx/sicsa/analisis/sorgo.pdf>
18. Axtell JD, Kirleis AW, Hassen MM, D'Croz Mason N, Mertz ET y Munck L. Digestibility of sorghum proteins. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1981. 78: 1333-1335.
19. Baker S y Hermann TL. Evaluating particle size. Publ. MF-2051. Dept. Grain Sci. and Ind., Kansas State Univ., Manhattan, KS. 2002.

20. Baker S. High moisture versus dry corn in steer finishing rations. Fla. Agr. Exp. Sta. Rep. 1967. 67:6.
21. Balogun O, Rowe B, Bird H. Fermentability and degradability of sorghum grain following soaking, aerobic or anaerobic treatment. Anim. Feed Sci. Technol. 2005. 120 (1):141-150.
22. Baumgardt R. Food Intake, Energy Balance and Homeostasis. The Control of Metabolism. Sink, J.D. (Ed.). Pennsylvania State University Press, University Park, 1974. 88, 112.
23. Beeson WM, Perry TW. The comparative feeding value of high-moisture corn and low moisture corn with different feed additives for fattening beef cattle. J. Anim. Sci. 1958. 17:368.
24. Behnke K. Measuring and defining particle size of feedstuffs. First International Symposium on Particle Size Reduction in the Feed Industry. Kansas State University, Manhattan, KS. 1985.
25. Beretta V, Kirby R. Nutritional characteristics of cereal grains. Feeding grain for sheep meat production. (Ed. Helen Chapman). The Australian Sheep Industry Cooperative Research Centre. 2004. 33-39. ISBN 0-9752198-0-4

26. Beretta V, Simeone A, Thompson JM, Rowe JB. Grain feeding for increasing value of cast-for-age Merino Sheep. Anim. Prod. Aust. 2004. 25.
27. Blaxter KL, Martin AK. The utilization of protein as a source of energy in fattening sheep. Brit. J. Nutr. 1962, 16: 397.
28. Bores RF, Velázquez PA, Heredia M. Evaluación de razas terminales en esquemas de cruce comercial con ovejas de pelo F1. Tec. Pecu. Mex. [serial online] 2002,40(1):71-79. Disponible en: URL: <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/publicaciones/publicacion04.php?IdPublicacion=218>.
29. Borton RJ, McClure KE, Wulf DM. Sensory evaluation of loin chops from lambs fed concentrate or grazed on ryegrass to traditional or heavy weights. J. Anim. Sci. 1999. 77 (Suppl. 1):168.
30. Botkin MP, Riley ML, Field RA, LeRoy Johnson C, Roehrkaase GP. Relationship between Productive Traits and Carcass Traits in Lambs. J. Anim. Sci. 1971. 32:1057-1061.
31. Bowen MK, Pepper PM, Winkleman J, McConnel I. Concentrates based on sorghum grain provide a basis for a finishing system for crossbred lambs. Aust. J Exp. Agri. 2007. 47(11):1317-1325

32. Bradford GE, Fitzhugh HA. Hair sheep: A general description. H. A. Fitzhugh and G. E. Bradford (Ed.) Hair Sheep of Western Africa and the Americas: A Genetic Resource for the Tropics. 1983.
33. Briggs HM. Modern Breeds of Livestock. 1969. Third Edition, MacMillian Company. New York, New York, U.S.A.
34. Brown LR. Why Ethanol Production Will Drive World Food Prices Even Higher in 2008. Earth Policy Institute. [about 5 screens]. Disponible en: URL: [http://www.earth-policy.org/Updates/2008/Update69\\_data.htm#table4](http://www.earth-policy.org/Updates/2008/Update69_data.htm#table4)
35. Buchanan JG., Effect of Methods of Processing on Digestibility and Utilization of Grain Sorghum by Cattle and Sheep. J. Animal Sci., 1968. 27:525-530.
36. Buendía G, Mendoza GD, Bárcena R, Ortega ME, Solís J, Lara A. Efecto de la glucoamilasa de *Aspergillus Niger* en la digestibilidad *in vitro* de maíz y sorgo, y en la productividad de borregos. Agrociencia 2003. 37: 317-322.
37. Burt WA. Effect of processing on the nutritive values of cereal in animal feeds. Proc. Nutr. Soc. 1973, 32, 31.

38. Bush LJ, Netemeyer DT, Adams GD. Reconstituted Sorghum Grain for Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci.* 1979. 62, 7.
39. Bustamante JJ. Crecimiento y finalización de corderos con dietas basadas en granos. Folleto Científico Núm. 1 Santiago Ixcuintla, Nayarit Noviembre 2002. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Pacifico Centro, campo experimental "EL Verdineño". Disponible en: URL: <https://intranet.inifap.gob.mx/infoteca/inifap/Pecuaria/Folleto1065.pdf>
40. Cannas A, Tedeschi LO, Fox GD, Pell AN, Van Soest PJ. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J. Anim. Sci.* 2004. 82: 149-169.
41. Canton JG, Quintal JA. Evaluation of growth and carcass characteristics of pure Pelibuey sheep and their cross with Dorper and Katahdin breeds. 2007 Joint Annual Meeting, San Antonio, Texas. Julio 8-12, 2007, W338
42. Chalkling D, Brasesco R. Ensilaje de grano húmedo: una alternativa promisoría. Planagro, Uruguay. 2003 Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: URL: [http://www.produccionbovina.com/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_silos/28-ensilaje\\_grano\\_humedo.htm](http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/28-ensilaje_grano_humedo.htm).

43. Chandrashekar A, Kirleis AW. Influence of protein on starch gelatinization in sorghum. Cereal Chem. 1988. 65: 457-462.
44. Chay AJ, Ayala A. Consumo, digestibilidad y metabolismo del nitrógeno en ovinos de pelo alimentados con frijol terciopelo (Mucuna pruriens) y maíz con tres tamaños de partícula. FMVZ, UADY. Tesis de maestría. Yucatán, México 2007.
45. Chen KH, Huber JT, Theurer CB, Swingle RS, Simas J, Chan SC, Wu Z, Sullivan JL. Nutrition, feeding, and calves: Effect of Steam Flaking of Corn and Sorghum Grains on Performance of Lactating Cows. J. Dairy Sci. 1994. 77: 1038 - 1043.
46. Christiansen RR, Wagner DG. Reconstituted wheat. I. Influence on feedlot performance of cattle. J. Anim. Sci. 1974. 38:456-462
47. CNCPS. Cornell Net Carbohydrate and Protein System. (computer program) CNCPS V6.1.26. Cornell University, 2009. Disponible en: URL: <http://www.cncps.cornell.edu>.
48. Cochran W. Experimental designs. 2a ed. Canada: Wiley publications in statistics, 1957.
49. Coleman SW, Gallavan RH, Williams CB, Phillips WA, Volesky JD, Rodriguez S, Bennett GL. Silage or Limit-

- Fed Grain Growing Diets for Steers: I. Growth and Carcass Quality. J. Anim. Sci. 1995. 73:2609-2620.
50. Combellas J. Production and reproduction parameters of tropical sheep breeds in improved production systems. Trop Anim Prod 1980 5:3. Disponible en: URL: [http://www.utafoundation.org/TAP/TAP53/53\\_11.pdf](http://www.utafoundation.org/TAP/TAP53/53_11.pdf)
51. CONAE, Comisión Nacional para el ahorro de energía. Ficha técnica: vehículos con Etanol. Disponible en: URL:<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/1/images/vehiculoetanol.pdf>
52. Corona L, Rodriguez S, Ware RA, Zinn RA. Comparative effects of whole, ground, dry-rolled, and steam-flaked corn on digestión and growth performance in feedlot cattle. Prof. Anim. Sci. 2005. 21:200-206.
53. COSEMEX. com [homepage on internet], Guanajuato, Mexico, 1997-2008 [cited 2008 Feb 10]. Disponible en: URL: <http://www.cosemex.com/Sorgo.HTM>
54. Cox RF, Connell WE. Ground Grain Sorghum Roughages for Fattening Lambs. Am. Soc. Anim. Prod. 1935. 128-130
55. De la Cruz L, Torres G, Núñez R. Evaluación de características productivas de corderos Hampshire, Dorset y Suffolk en pruebas de comportamiento, en Hidalgo, México. Agrociencia. 2006. 40: 59-69.

56. Defoor PJ, Cole NA, Galyean ML, Jones OR. Effects of grain sorghum planting density and processing method on nutrient digestibility and retention by ruminants. *J. Anim. Sci.* 2001. 79:19-25.
57. Domingo E, Abad M, Lanari MR, Bidinost F. Características de las canales del caprino criollo del Neuquén. *Arch. Zootec.* 2008. 57 (219): 361-364.
58. Duckett SK. Factors Affecting the Palatability of Lamb Meat. Sheep Management WISLINE Series, The University Of Wisconsin-Madison, Cooperative Extension & Department Of Animal Sciences 2003-2004. Disponible en: URL:  
[http://www.brocburndorpers.com/Meat\\_quality\\_comparison.pdf#search='Katahdin%20x%20Dorper](http://www.brocburndorpers.com/Meat_quality_comparison.pdf#search='Katahdin%20x%20Dorper).
59. Durán J, Castro S, Mendoza GD, Cobos MA, Ricalde R, Plata FX. Degradabilidad Ruminal In Vitro de Almidón de 21 Variedades De Sorgo ( *Sorghum bicolor* L. Moench) con diferente Genotipo de Resistencia a sequía. *INTERCIENCIA*, Jun 2004, Vol. 29 N° 6. Disponible en: URL: [http://www.interciencia.org/v29\\_06/mendoza.pdf](http://www.interciencia.org/v29_06/mendoza.pdf).
60. Eggum BO, Moniwar L, Knudsen KEB, Munck L, Axtell JD. Nutritional quality of sorghum and sorghum foods from Sudan. *J. Cereal Sci.* 1983, 127-137.

61. Elmalik M, Klopfenstein CF, Hosney RC, Bates LS.  
Digestibility and nutritional quality of sorghum grain with contrasting kernel characteristics. Nutr. Rep. Int. 1986. 34: 811-820.
62. Enríquez, QJF, Meléndez F, Bolaños ED. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. INIFAP. CIRGOC. Campo experimental Papaloapan Veracruz, México. 1999 Libro técnico número 7.
63. Estrada A, Lopez EJ, Contreras G, Castro BI, Obregon JF, Pérez AB. Two levels of dried distillers grains with soluble on growth performance and carcass characteristics of Pelibuey sheep. ADSA, ASAS 2008, TH283.
64. Estrada J, Chávez JF, Obregón F, Ríos R, Coronel F.  
Respuesta productiva de ovinos Pelibuey en crecimiento alimentados con sorgo escobero entero ó molido. Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sin., México. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 2005. 13:4.
65. European Communities Test Methods. Guidance document on granulometry. Ex-European Chemicals Bureau, European Communities, 1995-2009. Disponible en: URL:  
<http://ecb.jrc.it/documents/Testing-Methods/GDoc-Granulometry-draft-web.pdf>

66. Eusebio E, Elliot JS. Effect of trace metals on the crystallization of calcium oxalate. Invest. Urol. 1967. 4:431-435.
67. Ewing DL, Johnson DE Rumppler WV. Corn Particle Passage and Size Reduction in the Rumen of Beef Steers. J. Anim. Sci. 1986. 63:1509-1515.
68. FAO, 1991 Pequeños rumiantes. World Animal Review 1991 66, T8600/T. Disponible en: URL:  
<http://www.fao.org/DOCREP/T8600T/t8600T00.htm#Contents>
69. FAO, 1995. El sorgo y el mijo: en la nutrición humana Roma, 1995 Colección FAO: Alimentación y nutrición N°27, ISBN 92-5-303381-9 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.  
Disponible en: URL:  
<http://www.fao.org/DOCREP/T0818e/T0818E01.htm>.
70. FAO, 2009. FAO.org [homepage on the Internet]. FAO: F9 *Sorghum bicolor* (L.) Moench (S. vulgare Pers.) Sistema de Información de los recursos del Pienso. [cited 2009 Jun 28]. Disponible en: URL:  
<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afri/espanol/document/tfeed8/data/39.htm>
71. FAOSTAT. [homepage on the Internet]. Statistics Division of FAO. [cited 2009 Jun]. Disponible en: URL:  
<http://faostat.fao.org>

72. Felix A, Estrada A, Ríos FG, Ramos CH, Pérez AB. Effect of Zilpaterol clorhidrate on growth performance and carcass traits in finishing sheep. [cited 2009 Jun 28]. 2005 Joint Annual Meeting, Cincinnati, Ohio, Julio 24-28. Disponible en: URL:  
<http://www.fass.org/2005/abstracts/05abs062.pdf>
73. Fia.gob.cl [homepage on internet]. Chile: Fundación para la innovación agraria, ministerio de agricultura, 2005 [cited 2008 Feb 10]. Boletín de ovinos, Gobierno de Chile, "Carne de calidad, Los requerimientos del mercado". Disponible en: URL:  
<http://www.fia.gob.cl/difus/boletin/bovinos/bovoctubre2005.pdf>
74. Fimbres H, Hernández G, Picón JF, Kawasa JR, Lu CD. Corresponding Author Contact Information Productive performance and carcass characteristics of lambs fed finishing ration containing various forage levels. Small Rumin. Res. 2002, 43: 3.
75. Fisher, H. The EAAP standard method of sheep carcass assessment. Carcass measurements and dissection procedures report of the EAAP working group on carcass evaluation, in cooperation with the CIHEAM instituto agronomico Mediterraneo of Zaragoza and the CEC

director general for agriculture in Brussels. Liv. Prod. Sci. 2000. 38: 3.

76. Foote WC. The St. Croix sheep in the United States. In: H. A. Fitzhugh and G. E. 1983 Bradford (Ed.) Hair Sheep of Western Africa and the Americas: A Genetic Resource for the Tropics. P 275. Westview Press, Boulder, CO.
77. Gaebe RJ, Sanson DW, Rush IG, Riley ML, Hixon DL, Paisley SI. Effects of extruded corn or grain sorghum on intake, digestibility, weight gain, and carcasses of finishing steers. J. Anim. Sci. 1998. 76: 2001- 2007.
78. Galyean ML, Defoor PJ, Nunnery GA, Salyer GB, Parsons CH, Derington HM, Ward CF. Effects of Franklin Feed-Grade Limestone vs. Aerion Industries Nutrion Limestone on performance and carcass characteristics of finishing beef steers. Burnett Center Internet Progress Report. 2000. 6.
1. García RF, Chávez HD, Aliñas ZJ. Influence of Diets with Different Ratio of Ground: Whole Sorghum Grain on Growth Performance of Feedlot Lambs. J. Ani. Vet. Adv. 2008. 7 (12): 1546-1550. ISSN: 1680-5593
2. Goodband RD, Tokach MD, Nelssen JL. The Effects of Diet Particle Size on Animal Performance. Kansas State

University, May 2002 MF/2050 Feed Manufacturing.

Disponible en: URL:

<http://www.oznet.ksu.edu/library/grsci2/mf2050.pdf>

3. Gómez R, Hernández J, Castellanos A. Evaluación del crecimiento del borrego pelibuey alimentado con niveles crecientes de energía en la dieta. e-campo.com [homepage on internet]. INIP-SARH. Patronato del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora, México. Disponible en: URL: <http://www.e-campo.com/media/news/nl/ganovinosnutricion2.htm>
4. Greiner SP, Notter DR, Duckett SK. Shear force and sensory attributes of lamb from hair sheep composite breeds. J. Anim. Sci. 2004. 82(Suppl. 1):311-312 (Abstr.).
5. Gutiérrez J, Rubio MS, Mendez RD. Effects of cross-breeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. Small Rumin. Res. 2005. 70: 1-5
6. Haddad SG. Husein MQ. Effect of dietary energy density on growth performance and slaughtering characteristics of fattening Awassi lambs. Livestock Production Science, May 2004, Volume 87, Issues 2-3, Pages 171-177.

7. Hale, WH, Taylor B, Theurer B. Effect of steam processing and flaking milo on performance and digestion by steers. J. Animal Sci. 1966. 25:392
8. Hamaker BR, Mertz ET, Kirleis AW, Axtell JD. Effect of cooking on the protein profiles and *invitro* digestibility of sorghum and maize. J. Agric. Food Chem. 1986. 34, 647-649[ISI].
9. Hammond AC, Wildeus S. Effects of coconut meal or fish meal supplementation on performance, carcass characteristics and diet digestibility in growing St. Croix lambs fed a tropical grass based diet. Small Rumin. 1993. 12:13.
10. Harbers LH. Starch Granule Structural Changes and Amylolytic Patterns in Processed Sorghum Grain. J. Anim. Sci. 1975. 41:1496-1501.
11. Harpster HW, Long TA, Wilson LL. A Nutritive Evaluation of Dried, High-Moisture and Acid-Treated Corn and Sorghum Grains for Sheep. J. Anim. Sci 1975. 41:1124-1133.
12. Hawkins CJ. Sorghum grain for lot feeding of sheep. University of New England, Armidale NSW, Practical Wisdom. Disponible en: URL:  
[http://www.sheepcrc.org.au/images/pdfs/CRC1/CRC1\\_Comm](http://www.sheepcrc.org.au/images/pdfs/CRC1/CRC1_Comm)

nication/Practical\_Wisdom/PW\_2007\_001\_sorghum\_factsheet.pdf

13. Hernández V, Corona L. Efecto del nivel de humedad, tamaño de partícula y tiempo de almacenaje sobre la digestibilidad in vitro del almidón y características de fermentación de sorgo grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) reconstituido y ensilado. FMVZ, UNAM. Tesis de licenciatura. México 2007.
14. Hibberd CA, Wagner DG, Hintz RL, Griffin DD. Effect of Sorghum Grain Variety and Reconstitution on Site and Extent of Starch and Protein Digestion in Steers. J. Anim. Sci. 1985, 61, 702.
15. Hinman DD, Johnson RR. Influence of Processing Methods on Digestion of Sorghum Starch in High Concentrate Beef Cattle Rations. J. Anim. Sci. 1974. 39:417-422.
16. Horadagoda A, Fulkerson WJ, Barchia I, Dobos RC, Nandra KS. The effect of grain species, processing and time of feeding on the efficiency of feed utilization and microbial protein synthesis in sheep. Liv. Sci., 2008. 114: 117-126
17. Horta L. Producción y utilización de Etanol y ETBE en México: situación actual y perspectivas. Factibilidad del etanol derivado de biomasa como combustible para transporte en México. Memorias de la Reunión de

Consultores, Agosto de 2006 UNIFEI, Brasil. Disponible en: URL:

[http://200.23.166.141/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/7455/1/Horta\\_etanol\\_y\\_ETBE\\_en\\_Mexico.pdf](http://200.23.166.141/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/7455/1/Horta_etanol_y_ETBE_en_Mexico.pdf)

18. Horton GMJ, Burgher CC. Physiological and carcass characteristics of hair and wool breeds of sheep. Small Rumin. Res. 1992. 7:51.
19. Hubbard JE, Hall HH, Earle FR. Composition of the component parts of the sorghum kernel. Cereal Chem. 1950. 27: 415.
20. Huck GL, Kreikemeier KK, Bolsen KK. Effect of reconstituting field-dried and early-harvested sorghum grain on the ensiling characteristics of the grain and on growth performance and carcass merit of feedlot. J. Anim. Sci 1999. 77:1074-1081.
21. Huck GL, Kreikemeier KK, Kuhl GL, Eck TP, Bolsen KK. Effects of feeding combinations of steam-flaked grain sorghum and steam-flaked, high-moisture, or dry-rolled corn on growth performance and carcass characteristics in feedlot cattle J. Anim. Sci. 1998. 76:2984 2990.
22. Huerta. Cuenca Ovina del Tropico. [homepage on the Internet]. México: Población ovina en México. c2002-2009 [updated 2008; cited 2009 Jun 28]. [about 2 screens]. Disponible en: URL:

[http://www.ovinosdeltropico.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=7&Itemid=11](http://www.ovinosdeltropico.org/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=11)

23. INEGI.gob [homepage on internet]. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información. c2008 [update 2007 Feb 01, cited 2008 Feb 10]. SAGARPA. "Disponibilidad de carne per-cápita, 1990-2004". Disponible en: URL:  
<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=mamb166&s=est&c=9942>
24. INEGI 2007. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información. Resultados del VIII Censo Agrícola, Ganader y Forestal. Mexico D.F. 2007. Disponible en:  
URL:  
<http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=est&c=14578>
25. INFOASERCA. Reporte diario de Precios de Contado de Sorgo en diversos Mercados Internacionales [updated 2009 Sep 25; cited 2009 Sep 28] [about 2 screens]. Disponible en:  
URL:[http://www.infoaserca.gob.mx/fisicos/srg\\_pci.asp](http://www.infoaserca.gob.mx/fisicos/srg_pci.asp)
26. INRA. Institute National De La Recherche Agronomique. Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins. 1998. J. Jarrige (Ed.). INRA, Paris (France).

27. Jarrige R, Béranger C. Beef cattle production. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, 1992.
28. Johnson, LeRoy, Botkin, Field, Riley. Relation between fleece and carcass traits in lambs. J. Anim. Sci. 1968. 27:1127. (Abstr.).
29. Jordan RM. The Feeding Value of Norghum Sorghum when Fed to Lambs R. M. Jordan South Dakota Agriculture Experiment Station. J. Anim. Sci. 1950. 9:495-498.
30. Jordana DJ, Mills A, Newellc G, Pepper PM, Rowed JB. Feedlotting cast-for-age merino sheep to increase their value. Animal Production in Australia 2004, 25, 269. Disponible en: URL:  
[http://www.publish.csiro.au/?act=view\\_file&file\\_id=SA0401114.pdf](http://www.publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=SA0401114.pdf)
31. Kaufman AJ. G342 Sedimentation and Stratigraphy. Universidad de Maryland. February 2006.
32. Kawas J. Engorda de ovinos en corral. Memorias del 3er ciclo de conferencias "La producción ovina en Nuevo León". 4 al 6 Mayo 2005, Cd. Guadalupe, Nuevo León
33. Kawas JR, García R, Garza F, Fimbres H, Olivares E, Hernández G, Luc CD. Effects of sodium bicarbonate and yeast on productive performance and carcass characteristics of light-weight lambs fed finishing

diets. Small Rumin. Res. February 2007 Volume 67,  
Issues 2-3, Pages 157-163

34. Keating EK, Saba WJ, Hale WH, Taylor B. Further observations on the digestion of milo and barley by steers and lambs. J. Anim. Sci. 1965. 24:1080-1085.
35. Kemp JD, Mahyuddin M, Ely DG, Fox JD, Moody WG. Effect of feeding system, slaughter weight and sex on organoleptic properties, and fatty acid composition of lamb. J. Anim. Sci. 1981. 51:321-330.
36. Kerth CR, Jackson SP, Ramsey CB, Miller MF. Characterization and consumer acceptance of three muscles from Hampshire x Rambouillet cross sheep expressing the callipyge phenotype. J. Anim. Sci. 2003. 81:2213-2218.
37. Kiesling HE, McCroskey JE, Wagner DG. A Comparison of Energetic Efficiency of Dry Rolled and Reconstituted Rolled Sorghum Grain by Steers Using Indirect Calorimetry and the Comparative Slaughter Technique. J. Anim. Sci. 1973. 37: 790-795.
38. Kleen JL, Hooijer GA, Rehage J, Noordhuizen JP. Subacute ruminal acidosis (SARA): A review. J. Vet. Med. A Physiol. Pathol. Clin. Med. 2003. 50:406-414.

39. Larson W K, Embry LB, Nygaard LJ. Dry and high moisture corn fed once and twice daily to beef steers. J. Animal Sci. 1966, 25:245. (Abstr.)
40. Leach HW, Schock TJ. Structure of the starch granule. II. Action of various amylases on granular starches. Cereal Chem. 1961. 38: 34.
41. Leslie JF. Sorghum and Millets Diseases (World Agriculture) Iowa State Press.Wiley-Blackwell, 2002.
42. Lichtenwalner RE. Nutritive Value of "Weathered" Sorghum Grain for Ruminants. J. Anim. Sci. 1979. 49:183-191.
43. López S, Corona L, Angeles S. El proceso de elaboración de alimento. [homepage on the Internet]. Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 2002. [cited 2009 Jun 28] [about 10 screens]. Disponible en: URL:  
<http://usuarios.lycos.es/larces/id17.htm>
44. Luther R, Trenkle A. Ruminal acid production in lambs fed pelleted diets containing different levels of concentrates. J. Anim. Sci. 1967, 26:590.
45. Magaña JG, Stiehl K, Ku VJ, Sosa FC, Silva MC, Delgado LR, Aké LR, Ayala BA. Crecimiento Rendimiento de Componentes de la Canal de Ovinos Pelibuey en Desarrollo. [homepage on the Internet]. Fundación

produce en Yucatán, 2000 [cited 2010 Ene 16] [about 3 screens]. Disponible en: URL:

<http://www.fpy.org.mx/index.php?id=ovinospelibuey>

46. Malik RC, Razzaque MA, Abbas S, Al-Khozam N, Sahni S. Feedlot growth and efficiency of three-way cross lambs as affected by genotype, age and diet. Proceedings of the Australian Society of Animal Production 1996. 21: 251-254.
47. Mancilla DI, Ochoa MA, Urrutia M. Early weaned lambs fed whole sorghum grain. V. Proceedings of the National Congress in Sheep Production. 1995, FMVZ, UANL, Monterrey, NL, México.
48. Mann DL, Goode L, Pond KR. Voluntary intake, gain, digestibility, rate of passage and gastrointestinal tract fill in tropical and temperate breeds of sheep. J. Anim. Sci. 1987. 64:880.
49. Manns JG, Boda JM, Willes RF. Probable role of propionate and butyrate in control of insulin secretion in sheep. Am. J. Physiol. 1967, 212:756.
50. McClure KE, Parker CF, Parrett NA. Feedlot performance and carcass characteristics of hair, wool and hair crossbred lambs fed high energy diets. In: S. Wildeus (Ed.) Proc. Hair Sheep Res. Symp. 1991, p 252. Univ. Virgin Islands, St. Croix.

51. McGinty DD, Breuer LH, Riggs JK. Digestibility of dry and reconstituted sorghum grain by cattle. J. Animal Sci. 1967, 26:223. (Abstr.).
52. McGinty DD, Penic P, Bowers EJ. Moist grain for finishing beef cattle. J. Anim. Sci. 1968. 27:1170. (Abstr.).
53. Meat at TAMU. Standardized Warner-Bratzler Shear Force Procedures for Genetic Evaluation. 1994 [cited 2009 Jun 7] ; [5 screens]. Meat Science at Texas A&M University. Disponible en: URL:  
<http://meat.tamu.edu/shearstand.html>
54. Medrano JA. Recursos Animales Locales Del Centro De México. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. Arch. Zootec. 2000. 49: 385-390.
55. Meosa Construcciones. Beneficios del Alimento Hojuelado o Rolado. Sitio Argentino de Producción Animal, 2006 [cited 2009 Jun 7]; [2 screens]. Disponible en: URL:  
<http://www.produccion-animal.com.ar>
56. Ministerio de Agricultura. Plan Regional de Desarrollo Ganadero de Puno al 2015. Dirección General de Promoción Agraria, Puno, Marzo, 2008 [cited 2009 Jun 7]. Disponible en: URL:  
[http://www.regionpuno.gob.pe/descargas/planes/plan\\_ganadero\\_2015.pdf](http://www.regionpuno.gob.pe/descargas/planes/plan_ganadero_2015.pdf)

57. Moore JA, Poore MH, Eck TP, Swingle RS, Huber JT, Arana MJ. Sorghum grain processing and buffer addition for early lactation cows. *J. Dairy Sci.* 1992. 75:3465
58. Mora G, Bárcena R, Mendoza GD, González SS, Herrera JG. Respuesta productiva y fermentación ruminal en borregos alimentados con grano de sorgo tratado con amilasas. *Agrociencia.* 2002. 36: 31-39.
59. Muñoz G. Carne ovina: análisis y perspectivas para el año 2006. Anuario 2006 OPYPA. 2006 [cited 2009 Ago 12]. Disponible en: URL:  
<http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario05/CadenasProductivas/carne%20ovina%20para%2006.pdf>
60. Murguía ML, Pacheco JA, Castellanos AF. La rumenitis causada por acidosis ruminal no afecta a la digestibilidad de los nutrimentos en los ovinos Pelibuey. *Tec Pecu Mex* 2003,41(3):329-336.
61. Murphy TA. Effects of Grain or Pasture Finishing Systems on Carcass Composition and Tissue Accretion Rates of Lambs. *J. Chim. Sci.* 1994. 72:3138-3144.
62. Netemeyer DT, Bush L, Adams GD. Feeding Value of Reconstituted and Finely Ground Sorghum Grain for Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 1976. 60, 5.
63. Newsom JR, Totusek R, Renbarger R, Nelson EC, Franks L, Neuhaus V, Basler W. Methods of processing milo for

fattening cattle. Okla. Agr. Exp. Sta. Misc. Pub.  
1968. 80.

64. NFF. Major Commodities - Sheep Meat. National Farmer  
federation. 2009 [cited 2009 Ago 12]. Disponible en:  
URL: <http://www.nff.org.au/commodities-sheep-meat.html>
65. Nishimuta JF, Sherrod LB, Furr ED. Digestibility of  
regular, waxy, and white sorghum grain rations by  
sheep. Proc. West. Sect. Am. Soc. Animal Sci. 1969.  
20:259.
66. NMX-FF-106-SCFI-2006. "Productos pecuarios - carne de  
ovino en canal, clasificación", Ley Pub Diario Oficial  
de la Federación NMX\_FF\_106\_SCFI\_2006 (Jul 04 2006).  
Disponible en: URL:  
<http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/NOM/nmx-ff-106-scfi-2006.pdf>.
67. NRC, National Research Council. Nutrient Requirements of  
Domestic Animals. Nutrient Requirements of Sheep.  
Sixth Revised Edition, National Academy of Sciences,  
Washington, D.C. USA. 1985.
68. NRC, National Research Council. Nutrient Requirements of  
Small Ruminants sheep, goats, cervids, and new world  
camelids. The National Academic Press Washington, D.C.  
USA. 2007.

69. Ockerman HW, Emsen H, Parker GF, Pierson CJ. Influence of type (wooled or hair) and breed on growth and carcass characteristics and sensory properties of lamb. *J. Food Sci.* 1982. 47:1365.
70. Offner A, Bach A, Sauvant D. Quantitative review on in situ starch degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2003, 106, 81-93.
71. Ørskov ER, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. SciL (Camb.)* 1979, 92:499.
72. Ortega CM, Mendoza MG. Starch digestion and glucose metabolism in the ruminant: A review. *Interciencia* 2003. 28: 380- 386.
73. Ortiz B. Comportamiento productivo y calidad de la canal de ovinos alimentados con heno de *Leucaena leucocephala* Y *Pennisetum purpureum* CT-115. Memorias del Seminario de Producción de Ovinos en el Tropicó, 29, 30 noviembre y 1 de diciembre de 2006, Planetario de Tabasco 2000 Villahermosa, Tabasco. Disponible en:  
URL:  
[http://www.daca.ujat.mx/eventos/2007/VIseminario\\_ovinos2007/memsem-ovinos-2006.pdf](http://www.daca.ujat.mx/eventos/2007/VIseminario_ovinos2007/memsem-ovinos-2006.pdf)

74. Osman HF, Theurer B, Hale WH, Mehen SM. Influence of Grain Processing on in vitro Enzymatic Starch Digestion of Barley and Sorghum Grain. *J. Nutrition*, 1979. 100: 1133-1140.
75. Osorio JC, María GA, Pimentel M, Jardim YP. Efecto de la época de sacrificio sobre la producción de carne de corderos de raza Corriedale en Brasil. ITEA.1997 Volumen extra No. 18: 703-705. Disponible en: URL: <http://www.reduc.edu.cu/147/01/2/14701207.pdf> 1997.
76. Oviedo GM. Influence of whole: ground ratio of sorghum grain in rations for feedlot lambs on intake, weight gain and feed efficiency. MSc. Thesis. Facultad de Medicina Veterinaria y zootecnia UANL, Monterrey, NL, México. 2002.
77. Owens FN, Secrist DS, Hill WJ, Gill DR. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 1997. 75: 868-879.
78. Partida JA. Rendimiento y características de la canal en ovinos de pelo y sus cruizas con razas lanares. Memorias del Simposium Internacional Producción de Carne Ovina, Chapingo México 2008. Disponible en: URL: <http://www.ovinospuebla.org/Fichas/rendimiento%20y%20c>

aracteristicas%20de%20la%20canal%20en%20ovinos%20de%20  
pelo%20.pdf

79. Peraza G, Jaramillo E, Chávez del Hierro S, Alarcón AD.  
Diet Effect upon Chemical Composition of Pelibuey and  
Polipay x Rambouillet Meat. American-Eurasian. J. Sci.  
Res. 2006. 1 (1): 08-11.
80. Perez RM. Influence of whole:ground ratio of sorghum  
grain in addition for feedlot lambs on chewing  
activity, ruminal pH and volatile fatty acids  
concentration. J Anim. Vet. Adv. 2000, 7 (12): 1546-  
1550.
81. Perón N, Limas T, Fuentes JL. El ovino Pelibuey de Cuba  
revisión bibliográfica de algunas características  
productivas Pequeños rumiantes. World Animal Review,  
1991, Issue number 66. Disponible en: URL:  
[http://www.fao.org/DOCREP/T8600T/t8600T0g.htm#crecimie  
nto](http://www.fao.org/DOCREP/T8600T/t8600T0g.htm#crecimie<br/>nto)
82. Petit H. Effect of whole and rolled corn or barley on  
growth and carcass quality of lambs. Small Rumin. Res.  
2000. 37, 3: 293 - 297.
83. Pfof H, Headley V. Methods of determining and expressing  
particle size, in: Feed Manufacturing Technology.  
American Feed Industry Council, Arlington, 1976VA, pp.  
512-517.

84. Phillips WA, VonTungeln DL, Brown MA. Feedlot performance of spring born Polypay, Romanov, St. Croix and Texel crossed lambs finished during the summer. J. Anim. Sci. 1995. 73 (Suppl. 1):252 (Abstr.).
85. Preston T, Willis M. Producción Intensiva de Carne. Editorial Diana, Ciudad de México, México, 1974.
86. Priolo A, Micol D, Agabriel J, Prache S, Dransfield E. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. Meat Sci. 2002. 62:179-185
87. Rahnema SH, Theurer B, Garcia JA, Hale WH, Young MC. Site of Protein Digestion in Steers Fed Sorghum Grain Diets. II. Effect of Grain Processing Methods J. Anim. Sci, 1987. 64: 1541 - 1547.
88. Ramírez E, Hernández L, Guerrero I, Hernández LM. Calidad de la carne y análisis sensorial en ovinos de pelo y lana provenientes de engorda intensiva en México. Sitio argentino de Producción Animal [homepage on internet]. Argentina: [cited 2008 Feb 10]..  
Disponible en: URL:  
[http://www.produccionbovina.com/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina\\_carne/113-ramiez.pdf](http://www.produccionbovina.com/produccion_ovina/produccion_ovina_carne/113-ramiez.pdf)
89. Rancourt M. Ovinos y caprinos, ganadería de futuro. Memorias de II Encuentro nacional ganadero; 2005

noviembre 22-24: México (D.F.) Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas (CNOG).

90. Reinel H. Elementos y perspectivas de la investigación para la agroingeniería. Corpoica. Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria. Bogotá, Julio 2007. Disponible en: URL:  
<http://jatropha Colombia.webcindario.com/Corpoica.pdf>
91. Riggs JK, McGinty DD. Early Harvested and Reconstituted Sorghum Grain for Cattle. J. Anim. Sci 1970. 31:991-995.
92. Ríos FG, Hernández P, Obregón JF, Acosta DC, Cortina R, Ortiz JJ, Portillo JJ. Productive performance and carcass characteristics of hair sheep of different genotypes in feedlot. J. Anim. Sci. 2008. 86.
93. Ríos FG, Robles JC, Estrada A, Obregón JF, Contreras G, Pérez AB. Effect of HCl-Zilpaterol and HCl-ractopamine on noncarcass components of hair sheep grown in the feedlot. J. Anim. Sci. 2007. 85.
94. Rodríguez AA, Castellanos A, Bernal G, Shimada AS. Effect of the addition of nitrogen and energy to fresh sisal pulp on the growth of Pelibuey sheep in confinement. Memorias Of the third annual meeting of the Faculty of veterinary medicine and animal science University of Yucatan, Mexico, Merida. 16, 17 y 18 July, 1980.

95. Rojo R, Mendoza G, González S, Bárcena R, Crosby M, Landois L. Use of exogenous amylases from *Bacillus licheniformis* and *Aspergillus niger* in high grain diets. J. Anim. Sci. 2001. 79 (Suppl. 1): 280.
96. Rojo RR, Mendoza MG, Crosby GM. Uso de la amilasa termoestable de *Bacillus licheniformis* en la digestibilidad in vitro del almidón de sorgo y maíz. Agrociencia 2001a. 35: 423-427.
97. Rolland D, inventor. Agland Incorporated, propietario. Method for steam flaking grain. U.S., patente US 6,586,028 B1. 2003 Julio 1.
98. Romano M. Evaluación de la respuesta productiva de los ovinos de pelo y lana ante diferente medio ambiente y densidad energética de la dieta. Tesis de Maestría, Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlan, UNAM, México, 1989.
99. Rooney LW, Pflugfelder RL. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. J. Anim. Sci. 1986 63:1607~1623.
100. Rousset-Akrim S, Young OA, Berdague JL. Diet and growth effects in panel assessment of sheepmeat odour and flavour. Meat Sci. 1997, 45:169-181

101. Rowe JB, Choct M, Pethick DW. Processing cereal grains for animal feeding. *Aust. J. Agric. Res.*, 1999. 50, 721:36
102. Rural-Trader.mx [homepage on internet]. Mexico: Rural-Trader c 2005 [cited 2008 Feb 10]. "Tendencia de la ovinocultura en México". Disponible en: URL: <http://rural-trader.tripod.com/id3.html>
103. SAGARPAa. Tiene México la producción récord de sorgo del Mundo con 11 millones de toneladas al año y un Rendimiento de hasta 17 toneladas por hectárea. Coordinación General de Comunicación Social, Boletín de Prensa 2004 NUM. 124/04 Disponible en: URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/boletines/2004/mayo/B124.pdf>
104. SAGARPAb. Coordinación General de ganadería. 2007 [update 2007 May 16; cited 2008 Feb 10]. Estimación del Consumo Nacional Aparente 1990-2005. Disponible en: URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/CNAovi.htm>
105. Sandstedt RM, Strohen D, Verda S, Abbot RE. The digestibility of high amylose corn starches compared to that of other starches. The apparent effect of the AE gene on susceptibility to amylase action. *Cereal Chem.* 1962. 39: 123.

106. Sanginés R, Carrasco B, Martínez L, Salinas E, Shimada A. Composición proximal del bagazo de henequen y su uso en la alimentación de borregos. Tabasco Técnica Pecuaria en México 1978. 75:-78
107. Sanginés R, Shimada A. Valor nutritivo de los subproductos del henequén (Agave fourcroydes) para borregos. Tabasco Técnica Pecuaria en México 1978. 34:16-20"
108. Sanudo CM, Enser E, Campo MM, Nute GR, María G, Sierra I, Wood JD. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. Meat Sci. 2000. 54:339-346.
109. Satyanarayana U, Raju RVS, Deosthale YG, Rao CN. Trace metals in urinary calculus disease. Abstract C41. Presented at the 4th Asian-Pacific Congress of Clinical Biochemistry, Hong Kong, 28 Agosto - 2 septiembre 1978.
110. Schoenian S. "Naked" sheep. [serial online] Sheep 101. 6-May-2009 [cited 2009 May 10] ; [12 screens]. Disponible en: URL: <http://www.sheep101.info/hair.html>
111. Schroeder JW, Cramer DA, Bowling RA, Cook CW. Palatability, shelflife and chemical differences between forage- and grain-finished beef. J. Chim. Sci. 1980. 502352.

112. SDR.gob [homepage on the Internet]. México: Cadenas agropecuarias, Plan rector Sorgo. Secretaria de Desarrollo rural. c2002-2009 [cited 2009 Jun 28]. Disponible en: URL: <http://www.sdr.gob.mx/beta1/contenidos/CadenasAgropecuarias/docs/783148.235.138.1320-08-2007PLAN%20RECTORSORGO%20PUE%202005.pdf>
113. SE SNIIM. [homepage on the Internet]. México: Sistema Nacional de Información e integración de Mercados. México: SIAP, SAGARPA. c2002-2009 [cited 2008 Jun 28]. Disponible en: URL: . <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>
114. Shelton, M. Crossbreeding with "Barbado" breed for market lamb or wool production in the United States. H. A. Fitzhugh and G. E. Bradford (Ed.) Westview Press, Boulder, CO. Hair Sheep of Western Africa and the Americas: A Genetic Resource for the Tropics. 1983, p 293.
115. Sherrod LB, Albin RC, Furr DR. Net Energy of Regular and Waxy Sorghum Grains for Finishing Steers. J. Anim. Sci. 1969. 29:997-1000.
116. Shiau SY, Yang SP. Effect of Micronizing Temperature on the Nutritive Value of Sorghum. J Food Sci. 1982. 47 (3), 965-968.

117. Shull JM, Watterson JJ, Kirleis AW. Purification and immunocytochemical localization of kafirins in Sorghum bicolor (L. Moench) endosperm. Protoplasma 1992; 171(1-2):64-74.
118. SIAP, SAGARPAa. [homepage on the Internet]. México: Avance de siembras y cosechas año agrícola 2008 situación al 31 de diciembre de 2008. México: SIAP, SAGARPA. c2002-2009 [cited 2008 Jun 28]. Disponible en: URL: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>
119. SIAP, SAGARPAb. [homepage on the Internet]. México: Avance de siembras y cosechas año agrícola situación al 31 de Diciembre de 2007. México: SIAP, SAGARPA. c2002-2009 [cited 2008 Jun 28]. Disponible en: URL: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>
120. SIAP, SAGARPAc. [homepage on the Internet]. México: Avance de siembras y cosechas año agrícola situación al 31 de junio de 2009. México: SIAP, SAGARPA. c2002-2009 [cited 2009 Ago 13]. Disponible en: URL: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>
121. SIAP, SAGARPA d. [homepage on the Internet]. México: Resumen nacional avance mensual de la producción pecuaria 2006. México: SIAP, SAGARPA. c2002-2009 [cited 2008 Jun 28]. Disponible en: URL: <http://www.siap.gob.mx/>

122. SIAP.gob. [homepage on the Internet]. México: Breves Monografías Agrícolas SORGO FORRAJERO. México: SIAP, SAGARPA. c2002-2009 [cited 2009 Jun 28]. Disponible en: URL:  
<http://w4.siap.gob.mx/AppEstado/Monografias/agricola.html>
123. Sindt MH, Stovk RA, Klopfenstein TJ, Shain DH. Effect to protein source and grain type on finishing calf performance and ruminal metabolism. J. Anim. Sci. 1993. 71:1047-1056
124. Smith EF, Parrish DB, Pickett AG. Effect of grinding on the nutritive value of grain sorghums for fattening steer calves. Kan. Agr. Exp. Sta. Cir. 1949, 250:37.
125. Smith GM, Crouse JD, Mandigo RW, Neer KL. Influence of feeding regime and biological type on growth, composition and palatability of steers. J. Chim. Sci. 1977. 45:236.
126. Solis G, Castellanos AF, Velázquez A, Rodriguez F. Determination of nutritional requirements of growing hair sheep. Small Rumin. Res. 1991.
127. Solis JL. Manual de buenas practicas de tecnología de carnes. Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Facultad De Ingeniería En Industrias Alimentarias. Departamento Académico De Ciencia Y Tecnología De

- Alimentos Huancayo, Perú, 2005 Disponible en: URL:  
<http://www.uncp.edu.pe/Facultades/Industrias/descargas/MANUAL%20TECNOLOGIA%20DE%20CARNES%20-%20TOMO%20I.pdf>
128. Solomon MB, Horton GM, McClure KE, Paroczay EW, Mroz RJ, Lough DS. Comparison of carcass characteristics and lipid composition for St. Croix and Targhee ram lambs. In: S. Wildeus (Ed.) Proc. Hair Sheep Res. Symp. 1991.
129. Soto C., Delgado M. Situación de la ovinocultura en México. Cordero Supremo Asesoría integral. 2005. Disponible en: URL:  
<http://www.corderosupremo.com/art01.pdf>
130. Stanton TL, Le Valley SB. Lamb Feedlot Nutrition [serial online] LIVESTOCK SERIES. 2006 Feb [cited 2008 Ago 4]; no. 1.613: [4 screens]. Colorado State University, Cooperative Extension. Disponible en: URL:
131. Statistical Analysis System, 1985. SAS User's Guide: Statistics, version 5. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
132. Stewart WM. Características productivas y rasgos de la canal de corderos Pelibuey alimentados con heno y suplementados con gallinaza y harina de soya. Rev. Prod. Anim. 2001. 13, 2.
133. Stock R, Mader F. Procesamiento del sorgo para engorde de bovinos. 2005. Cámara Argentina de Engordadores de Hacienda Vacuna. Extraído del Institute of Agricultura

and Natural Resources, University of Nebraska.

Disponible en: URL:

[http://www.produccionbovina.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_granos/03-procesamiento\\_sorgo.pdf](http://www.produccionbovina.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_granos/03-procesamiento_sorgo.pdf)

134. Stock RA, Brink DR, Britton RA, Goedecken FK, Sindt MH, Kreikemeier KK, Bauer ML, Smith KK. Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. J. Anim. Sci. 1987. 65: 290-302.
135. Stock RA, Brink DR, Kreikemeier KK, Smith KK. Evaluation of early-harvested and reconstituted grain sorghum in Finishing Steers. J. Anim. Sci. J. Anim. Sci 1987. 65: 548-556.
136. Sullings RD, Rooney LW. Physical changes in the Kernel during reconstitution of sorghum grain. Cereal Chem. 1971. 48:567 - 575.
137. Swanson KC, Matthews JC, Matthews AD, Howell JA, Richards CJ, Harmon DL. Dietary Carbohydrate Source and Energy Intake Influence the Expression of Pancreatic  $\alpha$ -Amylase in Lambs. American Society for Nutritional Sciences. May 2000. 40546-0215.
138. Tait M. Whole Grain in Lamb Rations. Livestock Industry Specialist. BCMAFF. Department of Animal Science University of British Columbia [serial online] 2003

Jul [cited 2008 Ago 6]. Disponible en: URL:

[http://www.agf.gov.bc.ca/sheep/publications/documents/  
whole\\_grain.pdf](http://www.agf.gov.bc.ca/sheep/publications/documents/whole_grain.pdf)

139. Tambler A. Producción ovina: análisis y perspectivas.

Anuario 2008 OPYPA. 2008 [cited 2009 Ago 12]; [49  
screens]. Disponible en: URL:

[http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario08/materi  
al/pdf/03.pdf](http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario08/material/pdf/03.pdf)

140. "The U.S. Grains Council Sorghum, Grain Sorghum: Any of  
various plants of the genus sorghum, family Poaceae, a  
cereal grain. [homepage on the Internet]. U.S. Grains.  
Sorghum. U.S. Grains Council, 2008. [cited 2009 Jun

28]. [about 7 screens]. Disponible en: URL:

[http://www.grains.org/sorghum"](http://www.grains.org/sorghum)

141. Theurer, CB. Grain Processing Effects on Starch

Utilization by Ruminants. J. Anim. Sci. 1986. 63:  
1649.

142. Theurer CB, Huber JT, Delgado-Elorduy A, Wanderley R.

Invited review: summary of steam-flaking corn or  
sorghum grain for lactating dairy cows. J Dairy Sci  
1999. 82: 1950-1959

143. Titgemeyer EC, Shirley JE. Effect of Processed Grain

Sorghum and Expeller Soybean Meal on Performance of  
Lactating Cows. J Dairy Sci 1997. 80:714-721

144. TodoAgro.com. [homepage on the Internet]. Argentina:  
Evolución de la oferta y demanda mundial de carne  
ovina. 2002-2009 [updated 2007 Nov 23; cited 2009 Jun  
28]. [about 2 screens]. Disponible en: URL:  
<http://www.todoagro.com.ar/todoagro2/nota.asp?id=7107>
145. Umberger SH. Whole-Grain Diets For Finishing Lambs.  
Virginia State University, and the U.S. Department of  
Agriculture [cited 2009 Jun 28] 2009 May [about 7  
screens]. Disponible en: URL:  
<http://www.pubs.ext.vt.edu/410/410-024/410-024.html>
146. UNAVARRA.es. Universidad Pública de Navarra. [homepage  
on the Internet]. España: Morfología, Formas  
biológicas. 2002-2009 [updated 2007 Jul 19; cited 2009  
Jun 28]. [about 1 screens]. Disponible en: URL:  
[http://www.unavarra.es/servicio/herbario/pratenses/htm  
/formas\\_p.htm](http://www.unavarra.es/servicio/herbario/pratenses/htm/formas_p.htm)
147. UNO, Estadísticas Ovinas. Online Database]. Unión  
Nacional de Ovinocultores 2009 Jun [cited 2009 Jun  
28]. Disponible en: URL:  
[http://www.ovinocaprino.com/?option=com\\_content&view=a  
rticle&catid=57&id=252&Itemid=96&fontstyle=f-smaller](http://www.ovinocaprino.com/?option=com_content&view=article&catid=57&id=252&Itemid=96&fontstyle=f-smaller)
148. US Feed Outlook September 2009. Economic Research  
Service, USDA [updated 2009 Sep 15; cited 2009 Sep  
29]. [about 8 screens]. Disponible en: URL:

<http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/FDS/FDS-09-15-2009.pdf>

149. USDA, ARS, National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Online Database]. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. 2009 Jun [cited 2009 Jun 28]. Disponible en: URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/genus.pl?11304>
150. Utley PR, Hellwig RE, McCormick WC. Finishing beef cattle for slaughter on all-forage diets. J. Anim. Sci. 1975. 40: 1034.
151. Vargas F, Pérez M, De Lucas J. Evaluación preliminar de la profundidad y del área del *Longissimus dorsi* mediante uso de ultrasonografía y del rendimiento de la canal en ovinos de pelo. APPA - ALPA - Cusco, Perú, 2007. Disponible en: URL: [http://produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/ecografia\\_ultrasonido/60-Vargas-canalovinos.pdf](http://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/60-Vargas-canalovinos.pdf)
152. VDACS, Virginia Department of Agriculture and Consumer Services. Yield Grades and Quality Grades for Lamb Carcasses. Virginia Department of Agriculture and Consumer Services. [cited 2009 Jun 28] 2009 [about 6 screens]. Disponible en: URL:

<http://www.vdacs.virginia.gov/livestock/lambcarcass.shtml>

153. Vinicio M, Díaz O. Agrostología, Curso virtual, Capitulo 4, Conservación de forrajes. Euned Editorial Universidad Estatal A Distancia. Universidad Estatal a Distancia UNED [cited 2008 Jun 20] 2004 Abr [about 6 screens]. Disponible en: URL:  
<http://www.uned.ac.cr/PMD/recursos/cursos/agrostologia/files/cap%204%20prin.htm>
154. Viornerly M. Etanol: ¿Combustible del futuro? El Sol de Hidalgo, 15 de Octubre de 2007. Disponible en: URL:  
<http://www.oem.com.mx/elsoldehidalgo/notas/n454200.htm>  
Por
155. Ware DR, Self HL, Vetter RL, Hoffman MP. Effects of storage system on the chemical character and utilization of sorghum grain by steers. J. Anim. Sci. 1977. 45:1415~1425.
156. Wheeler WE, Noller CH. Gastrointestinal Tract pH and Starch in Feces of Ruminants. J. Anim. Sci. 1977. 44:131-135.
157. Wildeus S, Maciulis A, Foote WC. Lambing performance of St. Croix hair sheep in two different climatic environments. In: S. Wildeus (Ed.) Proc. Hair Sheep Res. Symp. 1991.

158. Wildeus S. Hair Sheep Genetic Resources and Their Contribution to Diversified Small Ruminant Production in the United States. J. Anim. Sci 1997. 75:630-640.
159. Yeh E, Pinsky BA, Banaei N. Baron EJ Hair Sheep Blood, Citrated or Defibrinated, Fulfills All Requirements of Blood Agar for Diagnostic Microbiology Laboratory Tests. 2009 PLoS ONE 4(7): e6141  
doi:10.1371/journal.pone.0006141.
160. Zahraiev Z, Pincas YY. Metodología para experimentos, análisis y valoración de la carne. Academia de Ciencias de Bulgaria. 1979.
161. Zinn RA. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. J. Anim. Sci. 1990. 68:767-775.
162. Zinn RA. Influence of flake thickness on the feeding value of steam-rolled wheat for feedlot cattle. J. Anim. Sci. 1994. 72, 1:21-28.