

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL GRANO DE MAÍZ POR GRANO DE ARROZ
CON CÁSCARA EN RACIONES DE ENGORDE DE VACUNO: EFECTO DEL
PROCESAMIENTO Y NIVEL DE HUMEDAD DEL GRANO SOBRE LA
CALIDAD DE CANAL Y CARNE**

por

Marcela PAOLINO PORCILE

Valentina VERA MESA

**Trabajo final de grado
presentado como uno de los
requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

PAYSANDÚ

URUGUAY

2024

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por

Director:

Ing. Agr. (PhD) Álvaro Simeone

Codirectora:

Ing. Agr. (PhD) Virginia Beretta

Tribunal:

Ing. Agr. (PhD) Álvaro Simeone

Ing. Agr. (MSc) María Victoria Burjel

Dr. Vet. (PhD). Juan Franco

Fecha:

12 de diciembre de 2024

Estudiantes:

Marcela Paolino Porcile

Valentina Vera Mesa

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar este recorrido académico, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de este proceso.

A nuestras familias, por su amor incondicional y apoyo constante. Gracias por creer en nosotras, incluso en los momentos más difíciles, y por ser nuestra fuente de motivación. Sin su aliento y sacrificio, este logro no habría sido posible.

A nuestros amigos, por ser refugio y motivación. Su compañía y palabras de aliento nos han impulsado a seguir adelante y a superar los desafíos. Cada risa compartida y cada conversación nos han brindado la fuerza necesaria para concluir esta etapa.

A nuestros tutores de tesis Virginia y Álvaro, por su orientación y paciencia. Su conocimiento y compromiso nos han guiado en cada paso. Su dedicación ha sido un ejemplo a seguir.

A los funcionarios de Facultad, por su apoyo y eficiencia. Gracias por facilitarnos los recursos necesarios y por crear un entorno propicio para el aprendizaje. Su labor a menudo pasa desapercibida, pero es vital para el éxito de cada uno de nosotros.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este camino. Este logro es tanto nuestro como de cada uno de ustedes.

Tabla de Contenido

PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	6
RESUMEN	7
SUMMARY	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 GRANOS DE CEREALES	11
2.1.1 Almidón como fuente de energía en dietas a corral	11
2.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL GRANO DE MAÍZ Y EL GACC	12
2.2.1 Grano de maíz	12
2.2.2 Grano de arroz con cáscara	13
2.2.3 Comparación química y características nutricionales del grano de maíz y GACC	16
2.3 RESPUESTA AL PROCESAMIENTO Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS GRANOS	17
2.3.1 Procesamiento de los granos	17
2.3.2 Contenido de humedad en los granos	21
2.4 PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE CANAL Y CARNE	22
2.5 INCLUSIÓN DEL GACC COMO INGREDIENTE EN RACIONES	25
2.6 HIPÓTESIS	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1 PERÍODO Y ÁREA EXPERIMENTAL	28
3.2 CLIMA	28
3.3 INFRAESTRUCTURA	28
3.4 ALIMENTOS	28
3.5 ANIMALES Y TRATAMIENTOS	29
3.6 PERÍODO DE CONFINAMIENTO, FAENA Y POST FAENA	30
3.6.1 Período pre experimental	30
3.6.2 Período experimental de alimentación	30
3.6.3 Faena y pos faena	31
3.7 REGISTROS Y MEDICIONES A LA FAENA Y POSFAENA	31
3.7.1 Pesada en planta	31
3.8 VARIABLES CALCULADAS	33
3.8.1 Rendimiento	33
3.8.2 Dressing	33
3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33

4. RESULTADOS	34
4.1 PESO FINAL A LA SALIDA DEL CORRAL	34
4.2 CALIDAD DE CANAL Y CARNE	34
5. DISCUSIÓN	39
5.1 EFECTO DE TIPO DE GRANO: MAÍZ VS GACC	39
5.2 EFECTO DEL PROCESAMIENTO: GACC MOLIDO VS GACC QUEBRADO	41
5.3 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD: GACC QUEBRADO SECO VS GACC QUEBRADO HÚMEDO	42
6. CONCLUSIÓN	43
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. <i>Morfología del grano de maíz</i>	13
Figura 2. <i>Morfología del grano de arroz</i>	15
Figura 3. <i>Evaluación de animales por nivel de conformación según tratamientos (GMm, GAm, GAq, GAqH)</i>	35
Figura 4. <i>Número de animales por nivel de terminación y tratamientos (GMm, GAm, GAq, GAqH)</i>	36
Figura 5. <i>Distribución de los animales según la escala de marmoreo diferenciado por tratamiento</i>	38
Tabla 1 <i>Comparación de la composición química y valor nutricional del grano de maíz con el GACC</i>	17
Tabla 2 <i>Composición de ingredientes de las RTM experimentales</i>	29
Tabla 3 <i>Composición química de raciones experimentales</i>	29
Tabla 4 <i>Descripción de los animales durante el periodo de confinamiento según tratamientos</i>	31
Tabla 5 <i>Efecto de inclusión del GACC, procesamiento y humedad en la calidad de canal y carne</i>	37

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la sustitución parcial del grano de maíz por grano de arroz con cáscara (GACC) en raciones de engorde de novillos, y el efecto del procesamiento del GACC (quebrado vs molido) y el nivel de humedad (vs) sobre la calidad de canal y carne. Tradicionalmente el grano de maíz es el principal ingrediente en dietas de engorde intensivo debido a su alto valor energético y digestibilidad. El GACC se planteó como una alternativa potencialmente viable, sobre todo ante situaciones de mercado adversas o situaciones climáticas desfavorables para la industria arrocerá.

El estudio se llevó a cabo en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC), de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), en la ciudad de Paysandú, Uruguay. El experimento se realizó en condiciones de confinamiento. Los 48 novillos fueron asignados en un diseño de bloque al azar a una de cuatro dietas experimentales: con novillos Hereford alimentados con dietas que diferían en el tipo de grano (maíz o GACC), en el grado de procesamiento del GACC (quebrado o molido) y en el nivel de humedad (seco o húmedo). Ofrecidas *ad libitum* durante 89 días. Los animales fueron faenados a fecha fija en el Frigorífico Casa Blanca del departamento de Paysandú. Los resultados mostraron que, aunque el GACC presenta una composición química diferente al maíz (específicamente en términos de contenido de fibra y contenido energético), la sustitución de este último por GACC no afectó significativamente características relacionadas a la calidad de carne, como terneza, marmóreo, pH, color del músculo, espesor de grasa dorsal y área de ojo de bife, así como tampoco las variables de calidad de canal como peso de la res y rendimiento.

La inclusión de GACC se plantea como una alternativa para reemplazar parcialmente al maíz en dietas de engorde de novillos a corral, sin afectar negativamente las características de canal y carne lo cual abre una oportunidad para integrar la producción arrocerá con la ganadería.

Palabras clave: engorde a corral, novillos, grano de arroz con cáscara, procesamiento y humedad del grano, calidad de canal y carne

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effect of partial substitution of corn grain by Paddy rice or whole rice in fattening rations for steers, and the effect of processing of UNP (cracked vs ground) and moisture level (vs) on carcass and meat quality. Traditionally, corn grain is the main ingredient in intensive fattening diets due to its high energy value and digestibility. UNP was proposed as a potentially viable alternative, especially in adverse market situations or unfavorable weather conditions for the rice industry.

The study was carried out at the Intensive Meat Production Unit (UPIC) of the Mario A. Cassinoni Experimental Station (EEMAC) in the city of Paysandú, Uruguay. The experiment was conducted under confined conditions. The 48 steers were assigned in a randomized block design to one of four experimental diets: Hereford steers fed diets that differed in grain type (corn or GACC), degree of processing of the GACC (cracked or ground) and moisture level (dry or wet). Offered ad libitum for 89 days. The animals were slaughtered on a fixed date at the Casa Blanca slaughterhouse in the Paysandú department. The results showed that, although GACC has a different chemical composition than corn (specifically in terms of fiber content and energy content), the substitution of the latter for GACC did not significantly affect characteristics related to meat quality, such as tenderness, marbling, pH, muscle color, backfat thickness and ribeye area, as well as carcass quality variables such as carcass weight and yield.

The inclusion of GACC is proposed as an alternative to partially replace corn in feedlot fattening diets for steers, without negatively affecting carcass and meat characteristics, which opens an opportunity to integrate rice production with livestock.

Keywords: feedlot fattening, steers, rice grain with husk, grain processing and moisture, carcass and meat quality

1. INTRODUCCIÓN

Los diferentes sistemas de producción de carne, tanto extensivos como intensivos, presentan diferencias en la dieta consumida por los animales, que se traducirán en diferencias en las características físicas, químicas y nutritivas de la carne (Teira et al., 2006). El feedlot o sistema de engorde a corral consiste en una tecnología de producción de carne, en la cual los animales se encuentran confinados en un espacio reducido, con dietas de alta concentración energética y de alta digestibilidad (Chalkling, 2004).

El grano de arroz, es un alimento muy utilizado a nivel mundial, destinado principalmente al consumo humano, Uruguay se ha consolidado como un destacado exportador de este cereal. La industria arrocera del país ha evidenciado una notable eficiencia en sus procesos de producción y procesamiento.

A partir de esto, y ante eventuales condiciones desfavorables del mercado o clima, así como también problemas con la calidad arrocera industrial, donde los productores reciben menos precio por parte de la industria molinera, surge la necesidad de evaluar la viabilidad en la apertura de un nuevo mercado a dónde destinar la producción arrocera, generando una integración arroz-ganadería, existiendo la posibilidad de que el grano de arroz con cáscara (GACC) forme parte de las raciones de los encierres a corral.

La información referida al GACC como alimento destinado a rumiantes es escasa si se compara con otro grano de cereal tal como el maíz quien es el principal grano utilizado como fuente de energía en las dietas de animales terminados a corral.

Considerando que estos granos contienen diferente tipo de almidón y que el arroz se suministra con cáscara, las digestiones propiamente dichas variarán, así como también el lugar dónde ocurrirán, lo que podría resultar en diferente respuesta en las características de canal y carne. Por otra parte, dicha respuesta podría verse modificada por el tipo de procesamiento y humedad del GACC tendiente a mejorar la utilización digestiva del mismo.

En tal sentido, el trabajo tiene como objetivo general evaluar el efecto de la sustitución parcial del grano de maíz molido en la dieta por GACC con diferente grado de procesamiento y nivel de humedad, sobre las características de canal y de carne de

novillos en engorde alimentados a corral; específicamente características de la carne como terneza, pH, área de ojo de bife (AOB), espesor de grasa dorsal (EGD), marmóreo, color del músculo y características de canal como peso, rendimiento, dressing, conformación y terminación.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Las dietas de engorde a corral se basan en granos y voluminosos. Los granos son los responsables de aportar energía y proteína a la dieta, mientras que el componente voluminoso es el encargado de aportar fibra efectiva (Pordomingo, 2004).

La proporción y calidad de los alimentos que componen la dieta, así como el grado de procesamiento de los mismos, tendrán un impacto en el metabolismo y en la estabilidad ruminal, que se traducirá en la calidad del producto final (McDonald et al., 2013).

2.1 GRANOS DE CEREALES

Los granos de cereales son concentrados de carbohidrato donde el componente fundamental de la materia seca es el almidón que se localiza en el endosperma.

2.1.1 Almidón como fuente de energía en dietas a corral

El almidón es uno de los carbohidratos que componen la principal reserva energética de casi todos los vegetales y tiene usos alimenticios (tanto para animales como para humanos) e industriales (Real Academia Española [RAE], s.f.).

Este carbohidrato está formado por dos componentes, la amilosa y la amilopectina; la digestibilidad del almidón depende de la estructura del gránulo del mismo, que presenta una disposición compleja y altamente ordenada; uno de los principales factores que afecta la digestibilidad y su respuesta fisiológica es atribuible al tamaño del gránulo, estructura y relación amilosa/amilopectina, además del cereal que le dio origen que determinará la organización y la morfología (Villarroel et al., 2018).

En las dietas de animales en confinamiento es fundamental mantener un nivel de almidón altamente degradable en rumen de entre 25-30% de la MS de la dieta para promover así la síntesis óptima de proteína microbiana, si se exceden estos valores (25-30%) se podría inhibir la producción de proteína microbiana (Sauvant, 1997).

El grano de sorgo tiene menor tasa de degradación en el rumen y mayor tasa de pasaje, seguido por el maíz, en el caso de los granos de avena, cebada y trigo presentan almidones con mayor degradabilidad a nivel ruminal (Hibberd et al., 1982).

El mecanismo por el cual los alimentos se degradan en el tracto gastrointestinal es denominado digestión, en tanto el pasaje de los nutrientes por la membrana mucosa

tanto del rumen como del intestino delgado se denomina absorción. La digestión se puede agrupar en tres procesos: mecánicos, químicos y microbianos; el proceso mecánico hace referencia a la masticación y a las contracciones musculares del tracto digestivo, en cuanto al químico hace referencia a las acciones químicas que se realizan mediante enzimas segregadas por jugos digestivos de los diferentes órganos y por último, la microbiana es de especial importancia en la digestión de los rumiantes, dado que se da una fermentación de los alimentos por enzimas microbianas previo a la digestión por parte de las enzimas del animal (McDonald et al., 2013).

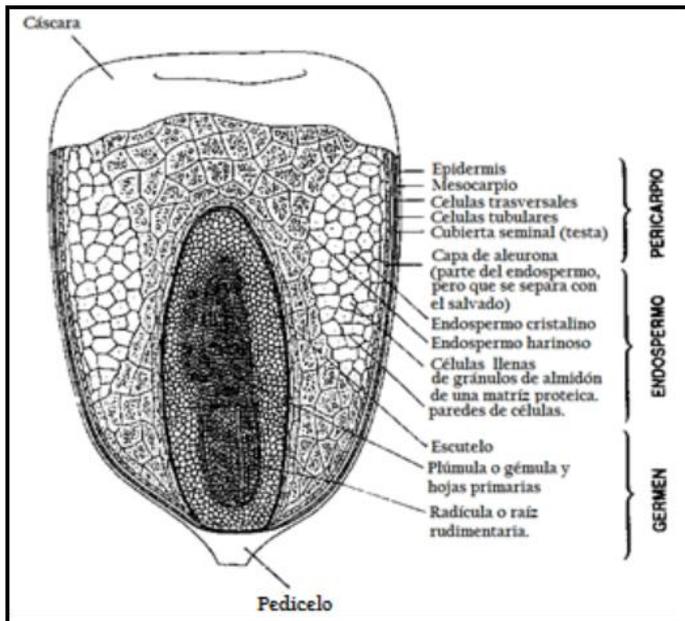
2.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL GRANO DE MAÍZ Y EL GACC

2.2.1 Grano de maíz

El grano de maíz, para la mayoría de los países del mundo es el alimento más utilizado como suplemento energético para la alimentación de bovinos.

El grano de maíz está formado por el endosperma (85% del peso total del grano), el embrión o germen (10%), el pericarpio y otras partes (5%) (figura 1). El endosperma se divide en dos tipos, el endosperma córneo o duro y el endosperma harinoso o blando; en función de la proporción de cada uno, los híbridos reciben la denominación de “flint” (cuando se trata del endosperma duro) o “dent” (cuando se trata de endosperma blando) (Cuitiño & Cardozo, 2018).

Figura 1
Morfología del grano de maíz



Nota. Tomado de Universidad Nacional Autónoma de México (s.f.).

Este grano es una fuente de energía digestible excelente, el contenido de proteína es bajo y dicha proteína es de baja degradabilidad, la cantidad de fibra es escasa y presenta un alto valor de energía metabolizable. El almidón se digiere en el rumen con más lentitud que el de los otros granos, de modo que, si se administra en gran cantidad y entero, pasa a través del rumen sin digerirse llegando al intestino delgado donde se podrá digerir y absorber como glucosa. Cuando el grano es suministrado molido, el almidón se digiere en el rumen aproximadamente en un 75% (McDonald et al., 2013).

Owens y Basalan (2013) como se cita en Piran et al. (2024), observaron que 38 novillos cruce Angus x Nellore, de 19 meses, alimentados con maíz entero tienen menor ganancia de peso, menor consumo y peor eficiencia de conversión en relación a animales que recibieron maíz molido.

2.2.2 Grano de arroz con cáscara

El GACC, también conocido como arroz *paddy* en el ámbito industrial, presenta poco estudio a nivel internacional como fuente de alimentación para los rumiantes.

El arroz requiere un clima subtropical o templado. El grano posee una gruesa cascarilla fibrosa, llamándose de esta forma arroz con cáscara. La cascarilla representa casi el 20% del peso y es rica en sílice (McDonald et al., 2013).

El arroz es comúnmente utilizado para consumo humano teniendo poca inclusión en las dietas destinadas a rumiantes, pero hay razones para creer que el arroz es tan competitivo como el grano de maíz para dietas a corral. Al igual que el maíz, el arroz se clasifica como un concentrado energético pero debido a la gran cantidad de fibra en la cáscara contiene menos nutrientes digestibles totales, por ende, el arroz presenta un menor contenido energético que el maíz, porque la cascarilla actúa como diluyente del grano como un todo (McDonald et al., 2013).

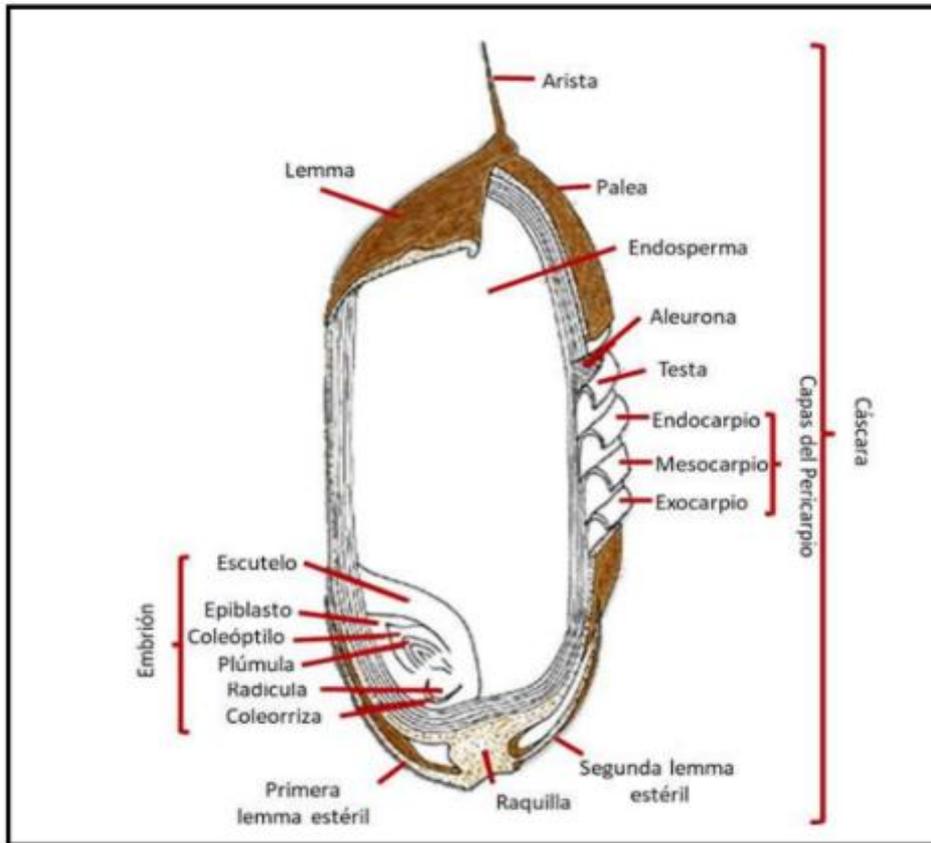
2.2.2.1 Morfología del grano de arroz

El grano de arroz contiene una estructura compleja, cuenta con una capa exterior llamada cáscara (lemma y pálea) que envuelve al cariopsis o fruto (Juliano, 1992).

El arroz integral está compuesto por el pericarpio (capa exterior) que recubre la semilla, y el nucelle que recubre el endospermo y el embrión. El endospermo o almidón está recubierto por una capa debajo de la aleurona llamada subaleurona compuesta por amiloplastos (estructura donde se alojan los gránulos de almidón), la misma es rica en proteínas y lípidos. El escutelo, la plúmula, la radícula, y el epiblasto son los que componen al embrión (figura 2) (Juliano, 1992).

Presenta otras estructuras además de las ya mencionadas, asociadas al grano, como la lemmas estériles, ubicadas en la base del grano, y la raquilla ubicada en el extremo opuesto a la arista, que contribuye a una prolongación de la lemma (figura 2) (Juliano, 1992).

Figura 2
Morfología del grano de arroz



Nota. Adaptado de Juliano (1992).

La cáscara representa aproximadamente el 20% del peso total del grano de arroz, aunque este porcentaje puede variar entre el 16% y el 28%. Los componentes restantes del arroz integral (sin tener en cuenta la cáscara) se dividen en diferentes proporciones: el pericarpio oscila entre el 1% y el 2% del peso, la aleurona, nucelle y cubierta de la semilla entre el 4% y el 6%, el embrión constituye el 1%, el escutelo el 2%, y el endospermo concentra entre el 90% y el 91% del peso total (Juliano, 1992).

La aleurona puede estar formada de una a cinco capas, siendo más gruesa en la parte dorsal del grano que en su parte ventral, y también en los granos cortos más que en los largos. La aleurona y las células del embrión son ricas en proteínas y contienen fitatos y lípidos (Juliano, 1992).

2.2.3 Comparación química y características nutricionales del grano de maíz y GACC

El GACC puede funcionar como fuente energética para los rumiantes gracias a su contenido de almidón, como se ha señalado en McDonald et al. (2013).

En comparación con el grano de maíz, en cuanto a la fibra detergente neutra (FDN), el arroz paddy presenta más del doble, atribuible a la cáscara. Teniendo en cuenta la digestibilidad de la FDN, el maíz presenta una digestibilidad del 79% (Institut National de Recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement [INRAE] et al., 2002a), mientras que para el grano de arroz paddy la digestibilidad de la FDN que se reporta es 57% (INRAE et al., 2002b) (tabla 1), valor de gran importancia a la hora de formular raciones para bovinos.

El grano de arroz presenta un almidón duro y vítreo al mismo tiempo, por lo que la temperatura de gelatinización de éste es elevada (70°C) y presenta un 68% de degradabilidad a nivel ruminal, mientras que el maíz presenta una degradabilidad a nivel ruminal de 61% (INRAE et al., 2002b).

En cuanto al contenido de cenizas se observa en la tabla 1 que el arroz presenta un contenido de 5.8%MS, siendo superior al caso del maíz, donde el 1.2% de la MS corresponde a cenizas.

Teniendo en cuenta el contenido de proteína cruda el arroz presenta un valor 0.9% superior al maíz, siendo 8.5 y 7.6%MS, respectivamente (tabla 1). El GACC presenta un menor porcentaje de proteína cruda no degradable en rumen que el maíz, lo que podría conferir a un desbalance de energía/proteína a nivel ruminal, generando un excedente de energía que no será aprovechada por los microorganismos del rumen (McDonald et al., 2013).

Tabla 1

Comparación de la composición química y valor nutricional del grano de maíz con el GACC

Variable	MAIZ	GACC
COMPOSICION QUIMICA		
Proteína cruda (%MS)	7.6	8.5
Nitrógeno insoluble en detergente ácido, NIDA (%PC)	3.09	15
Extracto etéreo (%MS)	3.81	2.50
Cenizas (%MS)	1.2	5.8
Almidón (%MS)	63.8	64.3
Fibra detergente neutro, FDN (%MS)	10.7	26.4
Digestibilidad de la FDN (%FDN)	57	79
Fibra detergente ácido, FDA (%MS)	2.6	13.5
Lignina (%MS)	1.18	5.50
VALOR NUTRICIONAL		
Nutrientes digestibles totales, NDT (%MS)	87.6	66.8
Energía metabolizable (McalEM/kgMS)	3.25	2.40
Proteína no degradable en rumen, PNDR (%PC)	65.31	29.0

Nota. Elaborado con base en INRAE et al. (2002a, 2002b), Heuzé et al. (2015) y de National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (2016).

2.3 RESPUESTA AL PROCESAMIENTO Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS GRANOS

2.3.1 Procesamiento de los granos

El procesamiento de cereales debería tenerse en cuenta como herramienta para evitar una disminución de la digestibilidad de la dieta (Ørskov, 1976).

Ørskov (1990) observa que la forma en la que se ofrece el grano podrá variar en función del tipo de grano, y del animal. Es decir, en terneros los granos en general pueden ofrecerse de forma entera, dado que esta categoría es más eficiente en la masticación y ruptura del grano, esto explica por qué los bovinos jóvenes tienen ganancias de peso más eficientes que los bovinos mayores cuando ambos son alimentados con dietas a base de maíz entero (Owens et al., 1986), es por esto, que cuando se trata de animales adultos los granos deben ofrecerse procesados, para mejorar su digestibilidad, siempre y cuando el nivel de grano en la dieta sea elevado (Ørskov, 1990).

Existen diversos métodos de procesamiento de los cereales, cuya magnitud y necesidad varía en función de los diferentes granos y animales a los que se destina. En general las capas externas de los granos han de ser modificadas de algún modo para lograr la digestión eficiente del almidón del endosperma (McDonald et al., 2013).

Las técnicas de tratamientos de cereales se dividen en dos categorías: procesos en calientes, donde se aplica o genera calor durante el tratamiento, y procesos en frío, donde la temperatura del grano no experimenta un aumento significativo (McDonald et al., 2013). La estructura de los gránulos de almidón de los granos se altera con el procesamiento de los mismos aumentando la fermentabilidad ruminal (Theurer et al., 1999).

Pordomingo et al. (2002) menciona que la digestibilidad del almidón está explicada casi en su totalidad por el tipo de almidón del que se trate y el procesamiento que se le haya realizado, afectando la tasa de fermentación en rumen y el sitio de digestión. Además, mencionar que al igual que sucede con otras concentraciones de nutrientes, el contenido de almidón de un grano variará con el cultivar utilizado, las condiciones de crecimiento y desarrollo que tuvo, así como también influirán las prácticas agronómicas empleadas (Philippeau & Michalet-Doreau, 1997; Rooney & Pflugfelder, 1986).

Un aumento de la digestión tanto a nivel ruminal como intestinal (específicamente intestino delgado) está explicado principalmente por el procesamiento de los granos, el cual es capaz de reducir el tamaño de las partículas alterando de esta manera la matriz proteica de los gránulos de almidón. El procesamiento es clave para aquellos granos de difícil digestión, explicado por presentar, por ejemplo, componentes que no están formados netamente de almidón como lo son la matriz proteica (que une los gránulos de almidón), o por un elevado contenido de taninos, así como también una testa dura, características encargadas de limitar el ataque tanto de los microorganismos como de las enzimas que darían inicio a la digestión. Son éstas partículas de gran tamaño y resistentes, las capaces de sobrepasar el rumen sin ser degradadas y pasan al intestino para ser digeridas dicho almidón se digiere en un 42% más eficientemente en el intestino delgado que en el rumen (Owens et al., 1986).

Se reporta por Beretta y Simeone (2014) que el grano de sorgo es el que presenta mayor respuesta al procesamiento, dado que se observan mejoras relevantes en la performance animal, dado que se genera entre un 5% a un 7% de aumento en la eficiencia de conversión al moler el grano fino, en comparación con el molido grueso.

François et al. (2003) registraron que al procesar el grano de maíz se obtiene un efecto beneficioso en la degradabilidad efectiva del mismo, siendo mayor para el grano molido que para el entero, sin embargo, Simeone et al. (2004) afirman que la

digestibilidad total no se afecta por el procesamiento del grano, al suministrarse entero o molido.

Los resultados afirman que la eficiencia energética es mayor en rumiantes en crecimiento al digerirse el almidón en el intestino delgado en lugar de en el rumen, aunque la principal preocupación y donde hay que poner foco es la digestibilidad total del almidón en todo el tracto digestivo. Debe tenerse en cuenta que la digestión del almidón en el intestino delgado es capaz de aumentar si desde el rumen aumentara la liberación de almidón más fácilmente digestible por este órgano, por el contrario, si llegasen al intestino delgado partículas muy grandes de alimento, estas no llegarían a ser digeridas y se excretarían prácticamente sin haber sufrido alguna modificación (Owens et al., 1986). Esto podría resultar en mayores pérdidas irreversibles de la glucosa total (Richards, 1999). Por el contrario, si ese tiempo de digestión fuese mayor, la cantidad de almidón digerido podría aumentar (Owens et al., 1986).

Por lo tanto, dado que el procesamiento es capaz en la mayoría de los casos, de aumentar la eficiencia con que se digiere un alimento, la digestión en el intestino delgado es preferible por su mayor eficiencia, igualmente no debe dejarse de lado la idea de que al procesar los granos para aumentar la digestibilidad del almidón que llega al intestino delgado, aumenta de la mano la digestión a nivel del rumen (Owens et al., 1986). Dado que las partículas de almidón muy pequeñas son digeridas a nivel ruminal y las partículas muy grandes son excretadas sin ser digeridas, el tamaño ideal de partícula estaría entre 250µm, pero menor de 1.000µm tamaño que además ayudaría a evitar problemas de acidosis ruminal y depresión postruminal (Kim & Owens, 1985 como se cita en Owens et al., 1986).

Considerando esto, es central tener en cuenta que un aumento en la digestión tanto a nivel del rumen como del intestino delgado traería consecuencias positivas en un aumento de peso vivo por parte de los animales o un mejor marmóreo de la carne (Huntington et al., 2006).

Basado en diversos estudios, se propusieron cuatro puntos que dan una posible explicación de la variación en las tasas de absorción o digestión intestinal del almidón: 1) actividad limitada de las enzimas digestivas del intestino delgado como son la amilasa, maltosa o isomaltasa explicado tanto por una producción como condición inadecuada, así como también presencia de inhibidores enzimáticos; 2) limitada absorción de la glucosa que es liberada desde el propio intestino delgado; 3) tiempo reducido para que se dé la hidrólisis completa del almidón y 4) insolubilidad y/o

impermeabilidad de los gránulos de almidón que permitan un acceso inadecuado de las enzimas (Huntington, 1997).

Para el caso de animales rumiantes la gluconeogénesis es su principal vía de obtención de glucosa, proceso que es suministrado mediante la absorción desde el tracto digestivo a través de la digestión amilolítica (Huntington, 1997), en este sentido, el propionato representa una captura eficiente de la energía a nivel del rumen para una posterior producción de glucosa, pero debe existir una demanda simultánea, para evitar así la oxidación innecesaria de la glucosa. El propionato es el producto más importante cuantitativamente dado que representa el 70% de la captación neta de la producción de glucosa a nivel del hígado (Huntington et al., 2006). El proceso desde el que obtiene glucosa de forma directa representa un 25% o menos del suministro de glucosa (Huntington, 1997).

En un estudio realizado en el Centro de Investigación, Agricultura y Agroalimentación en Canadá, se trabajó con cuatro novillos Jersey canulados a nivel rumen y duodeno, con el fin de evaluar el efecto del grado de procesamiento del grano de cebada en la digestión (Beauchemin et al., 2001).

Se trabajó con cuatro raciones totalmente mezcladas (RTM's) conformadas por un 10% de silo de cebada y un 90% de concentrado que siempre fue cebada, pero con diferente nivel de procesamiento (laminado), cuando la cebada está más laminada menor es su peso volumétrico de modo que el índice de procesamiento (IP) fue: 82% se corresponde con el grano de cebada laminado grueso, 75% es un grado de tamaño medio, 70% grado laminado medio-fino y 69% grado laminado fino. Un mayor procesamiento del grano determinó granos menos gruesos y más anchos (Beauchemin et al., 2001).

Como resultado se obtiene que la ingesta y la digestibilidad de la materia seca (MS) no se vieron afectadas por el IP del grano de cebada. De igual modo fue la ingesta de materia orgánica (MO) pero ésta última, al contemplar la digestibilidad ruminal, si tendió a aumentar de manera cuadrática con el aumento del procesamiento del grano (Beauchemin et al., 2001).

Para el caso de la ingesta de almidón fue similar para todos los novillos alimentados con cebada y además la digestibilidad tanto a nivel del rumen como del intestino delgado para el caso del almidón no se vio afectada por el IP de la cebada; sin embargo, al observar la digestibilidad total del almidón en el tracto total, aumentó al

incrementarse el procesamiento de la cebada, aunque la magnitud fue pequeña (Beauchemin et al., 2001).

Teniendo en cuenta la ingesta de fibra detergente neutra (FDN), ésta tendió a disminuir y también lo hizo la cantidad de FDN que llegó al duodeno, en función del mayor procesamiento de la cebada. La digestibilidad a nivel ruminal de la FDN se vio afectada por el procesamiento del grano, mientras que la digestibilidad de la FDN en el intestino o en el tracto total no se vio afectada por el IP de la cebada (Beauchemin et al., 2001).

En cuanto a la fibra detergente ácida (FDA) y la cantidad que fluía al duodeno aumentaron con el mayor procesamiento de la cebada, pero la digestibilidad ruminal de la FDA no se vio afectada por el IP de la cebada, sin embargo, hubo más FDA digerida a nivel del intestino ante un aumento en el procesamiento y por lo tanto la digestibilidad total de la FDA en el tracto total aumentó con el procesamiento del grano (Beauchemin et al., 2001).

El tiempo de rumia se redujo, así como también el tiempo de masticación diario al aumentar el grado de procesamiento del grano (Beauchemin et al., 2001).

El aumento del procesamiento de la cebada incrementó el tamaño de la fracción soluble (a), disminuyó el tamaño de la fracción potencialmente degradable (b) y aumentó la tasa de degradación; como resultado, la degradabilidad ruminal efectiva aumentó (Beauchemin et al., 2001).

En conclusión, el estudio reveló que el aumento en el IP de la cebada es capaz de incrementar la digestión del almidón en el tracto total (aunque la mejora fue pequeña: 1.5 unidades porcentuales) y ésta mayor digestión en el tracto total se explica por un aumento en la digestión a nivel del rumen en lugar de un incremento de la digestibilidad intestinal (Beauchemin et al., 2001). Por otro lado, Zinn (1993) observó que la cantidad de proteína microbiana sintetizada en rumen era menor en novillos alimentados con cebada aplanada gruesa que para los alimentados con cebada aplanada fina.

2.3.2 Contenido de humedad en los granos

Estudios evaluando los efectos de las formas de grano húmedo sobre el grado y sitio de digestión han detectado incrementos en la digestibilidad (Pordomingo, 2013).

La conservación con humedad, es una manera de incrementar la fermentabilidad a nivel del rumen de granos con almidón de baja solubilidad y por ende aumenta la digestibilidad total (Britton & Stock, 1986; Galyean et al., 1976; Hibberd et al., 1982; McNeill et al., 1971; Nocek & Tamminga, 1991; Stock et al., 1987).

Debido al alto contenido de almidón del sustrato, ante un quebrado o aplastado parcial es posible lograr un ensilaje de grano húmedo de buena calidad, sin embargo, el contenido de humedad es clave para lograr que el grano se ensile y se estabilice (Pordomingo, 2013).

El rango óptimo sugerido se encuentra entre 28 y 35% de humedad en grano, humedades próximas o menores a 25% están en el límite inferior, por debajo de éste, la humedad es escasa para favorecer una rápida fermentación láctica que se extienda y difunda a toda la masa del grano. Niveles de humedad por encima de 35% no se retiene en la masa del grano y tiende a bajar al piso de la bolsa lavando los nutrientes y sustancias ácidas. Aun así, el extremo superior tiene mayores chances de preservar mejor el grano que el inferior (Pordomingo, 2013).

Pordomingo et al. (2002) evaluando el grano de maíz, reportan consumos, aumentos de peso vivo y eficiencias de conversión similares entre tratamientos para las formas húmedas comparadas con formas secas y molidas tanto en vaquillonas como en novillos.

2.4 PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE CANAL Y CARNE

La calidad de un producto se define por el cumplimiento de ciertos estándares que suelen ser aplicables a productos fabricados en masa, en serie, o de manera repetitiva. En términos generales, la calidad puede entenderse como un conjunto de atributos que aumenta la aceptación del producto y mejora su valor percibido por los consumidores o por el mercado en general (Colomer-Rocher et al., 1988). Este concepto es fundamental a la hora de determinar el precio final de un producto. La calidad, al ser una noción subjetiva, varía según el criterio de cada individuo; es relativa, dado que depende del contexto en el que se realiza la evaluación, y dinámica, ya que puede cambiar en función de las preferencias del consumidor a lo largo del tiempo y en distintos lugares (Naumann, 1965 como se cita Consigli, 2001).

La media res, también conocida como “canal”, se refiere al cuerpo del animal después de haber sido sacrificado, desangrado, desollado y eviscerado, pero sin cabeza

ni extremidades. Este término describe una estructura que puede variar en contenido, y cuya calidad se evalúa principalmente en función de la proporción de hueso, músculo y grasa presente. La canal constituye un producto intermedio en la cadena de producción de carne, que finalmente se convierte en el producto terminado. La calidad de la media res está influenciada por diversos factores, como el peso, el sexo, la raza y la alimentación del animal, los cuales afectan su valor comercial (Robaina, 2012).

Dentro de los factores que afectan las características de canal y carne pueden distinguirse entre pre-mortem y post-mortem. Dentro de estos primeros se encuentra el tipo de alimentación, aquella que es a base de concentrados es capaz de reducir el peso del omaso y estómago, siendo mayor la del intestino delgado, órganos y grasa visceral, aumentando de esta manera la grasa de la res, independientemente de la raza. En tal sentido, el efecto en el rendimiento cuando este se expresa en relación al peso total, animales alimentados con concentrado presentan mayor rendimiento debido a un menor contenido del tracto digestivo (Di Marco, 1998).

Por lo tanto, en una alimentación con concentrado el mayor peso de la res se explica por un menor llenado, y el aumento de peso de la grasa visceral, hígado, pulmones e intestino delgado, que es compensado por un menor peso del cuero, del retículo rumen, de la cabeza y extremidades, a su vez el animal deposita mayor cantidad de grasa subcutánea e intramuscular que están incluidas en el peso de la res. En contraposición, animales alimentados a pasto, medido a peso constante y mismo genotipo, presentan más peso del cuero, retículo rumen, cabeza y extremidades, aunque menor peso de grasa visceral y órganos, así como también menor grasa subcutánea e intramuscular (Di Marco, 1998).

Como factores post-mortem en primer lugar podría hablarse del tejido adiposo y las grasas. La grasa que se encuentra presente en la carne es de gran importancia dado que influye en las características de canal y carne (sabor, coloración y cocción) así como también en la conservación en frío, por otro lado, influye en la salud del consumidor (Purchas et al., 1989). Los lípidos influyen directamente en las características organolépticas de la carne, dado que los consumidores la prefieren cuando el contenido de lípidos está entre 3 y 7%, por debajo de este rango la carne es menos aceptada y por encima, la misma puede tener un efecto negativo en la salud humana por el tipo de ácidos grasos saturados e insaturados que contienen y que influyen en el nivel de colesterol (Di Marco, 1998).

El marmoreo es la característica más asociada a la palatabilidad y precio de la carne, influyendo en gran medida con la terneza (Vieselmayer et al., 1996). Para obtener dicha característica es indispensable tener un buen nivel de gordura en el animal que incidirá directamente en el costo de alimentación (Di Marco, 1998).

Dentro de los factores post-mortem puede hacerse referencia al músculo y carne donde, como explica Locker (1989) cuando el animal es sacrificado, la circulación de la sangre se detiene, pero el suministro de oxígeno sigue presente durante un tiempo. Este oxígeno se encuentra en forma de oxi-mioglobina, que es lo que le confiere a la carne recién sacrificada su característico color rojo intenso. Tras la primera hora, la carne adquiere un color rojo más claro debido a la presencia de mioglobina. A medida que se consume el oxígeno, el músculo recurre al glucógeno para mantener el rigor mortis, lo que produce ácido láctico a través de un proceso anaeróbico. Este proceso provoca una disminución del pH hasta alcanzar el valor de 5.6, momento en el cual el proceso se completa, otorgando características deseadas a la carne fresca y mejorando la textura y el sabor en la carne cocida. La carne que tiene un pH elevado, debido a la falta de acidificación, es de color oscuro y generalmente se destina para procesamiento.

Simultáneamente con la disminución del pH, se metabolizan las vitaminas, se oxidan los ácidos grasos y los aminoácidos se descarboxilan o desaminan. Estos cambios afectan tanto el sabor como el olor de la carne, creando un ambiente propicio para el crecimiento de microorganismos tanto beneficiosos como perjudiciales (Honikel, 1991). Además, durante los procesos que ocurren después de la muerte del animal, se lleva a cabo la tiernización de la carne (Di Marco, 1998).

La terneza de la carne no está relacionada directamente con ningún parámetro individual que determine su calidad. Esto significa que no puede ser anticipada basándose únicamente en factores como el color, el pH, el marmoreo, la edad del animal, el tipo de alimentación, entre otros. Ningún parámetro, por sí solo, puede explicar más del 50% de las variaciones en la fuerza de corte de la carne (Shackelford et al., 1997). Además, la terneza está influenciada por la raza y el temperamento del animal (Di Marco, 1998).

La estructura interna de las proteínas del músculo también está relacionada con la terneza de la carne. Esto implica la composición interna de las miofibrillas y los diferentes tipos de enlaces químicos que se forman en el colágeno. La terneza también se ve afectada por la actividad proteolítica que ocurre después de la muerte, la cual influye principalmente en la estructura interna de las miofibrillas y, en una segunda

etapa, en el colágeno. Las calpainas, que son enzimas dependientes del calcio, participan del proceso de tiernización post mortem y son reguladas por un inhibidor conocido como calpastatina (Di Marco, 1998).

2.5 INCLUSIÓN DEL GACC COMO INGREDIENTE EN RACIONES

Es importante destacar que existen pocos estudios que aborden el consumo de GACC y la performance animal, sin embargo, son aún más escasos lo que analizan la relación entre el consumo de GACC y la calidad de canal y carne.

Cruse (1910) estudió el valor del arroz rojo en raciones para engordar novillos y descubrió que los novillos alimentados con arroz integral, con harina de semilla de algodón y heno, tendían a hincharse y gran parte del arroz pasaba por el tracto gastrointestinal sin digerirse. Cuando se cambió la ración a arroz integral molido, aumentaba la tasa de degradación y los novillos inmediatamente dejaban de sufrir diarrea e hinchazón.

Weaver y Moffett (1937) realizaron un experimento con animales Hereford de un año de edad, en dos lotes conformados por ocho novillos cada uno. La dieta del lote I se basó en 74% de maíz, 7.4% torta de semilla de algodón y 18.3% heno de soja mientras que la dieta del lote II se basó en 70% de grano de arroz con cáscara molido, 10% de torta de semilla de algodón y 20% heno de soja.

En cuanto a las ganancias medias diarias, los animales del lote I obtuvieron ganancias de 0.960 kgPV/día y una eficiencia de conversión del alimento de 6.3 a 1; mientras que los animales del lote II obtuvieron ganancias medias diarias de 0.811 kg PV/día y una eficiencia de conversión de 7.38 a 1. Es decir, los animales del lote II (dieta base GACC molido) presentaron una ganancia 18% inferior con respecto a los animales del lote I (dieta base maíz) (Weaver & Moffett, 1937).

En cuanto al peso de la carcasa y grado de terminación, ambos lotes se clasificaron como buenos, pero los animales alimentados con dietas en base a maíz tenían una clasificación de aproximadamente $\frac{1}{3}$ superior con respecto a los animales alimentados con GACC molido. Como resultado del experimento, en cuanto a la calidad de carne no se obtuvieron diferencias significativas al evaluar ambos lotes (Weaver & Moffett, 1937).

Snell et al. (1945) realizaron un experimento de engorde de novillos Hereford y Angus, con un peso vivo inicial promedio de 229kg; a los cuales se le suministraron

dietas a base de maíz o arroz (éste en diferentes presentaciones: arroz con cáscara molido, arroz pulido, arroz para alimentación de pollos y salvado de arroz), y como concentrado proteico presentaba harina de semilla de algodón y la paja de arroz fue la fuente de fibra. Al analizar los datos a la faena, se obtuvo que los animales alimentados con la dieta a base de maíz y con dieta a base de arroz con cáscara obtuvieron mejores calidades de carcasa. La dieta a base de maíz produjo la mejor eficiencia de conversión, seguida por la dieta a base de GACC, mientras que el salvado de arroz y el arroz para pollo presentaron la peor eficiencia de conversión (Snell et al., 1945).

Argenta (2015) realizó un experimento con 45 bovinos, cruza Nelore y Charoláis. Se utilizaron tres diferentes dietas a base de grano entero de maíz, avena blanca, y arroz con cáscara. Considera que cuando los animales son alimentados con GACC el cual presenta un elevado tenor de sílice y lignina en la cáscara, dificulta el ataque por parte de los microorganismos ruminales, quienes no son capaces de degradar todo el almidón presente en los granos, por lo tanto, disminuye el aprovechamiento energético de la dieta.

Los animales alimentados con GACC fueron menos eficientes en relación a los demás tratamientos, esto se explica porque el grano de arroz presenta menor concentración energética en su composición. En cuanto al patrón de comportamiento, alimentos con mayor contenido de FDN aumenta el tiempo de rumia, siendo este menor en maíz y mayor en arroz y avena (Argenta, 2015).

Cattelan (2015) se basó en el mismo experimento que Argenta (2015) pero evaluando el crecimiento de los bovinos y la calidad de canal y carne. Determinó que la inclusión de cualquiera de los granos utilizados no alteró el crecimiento óseo y el crecimiento muscular de los animales, dado que son tejidos de crecimiento precoz, independientemente, los animales tuvieron una adecuada nutrición para complementar el crecimiento.

En cuanto a los valores de pH de la carne, éstos no presentaron variación entre las diferentes dietas utilizadas; los valores de pH después de 24 horas de refrigeración fueron los adecuados (5.5 – 5.8), estos son de gran importancia para la determinación de la ternura de la carne y de su vida útil. Este parámetro, en conjunto con la mioglobina se relaciona directamente con el color de la carne, por lo que se puede inferir que el color de la carne no presenta variaciones entre dietas (Cattelan, 2015).

Al observar la deposición de tejido adiposo, ésta se ve comprometida en aquellos animales alimentados con dieta a base de arroz. Cuando se habla del grado de

marmoreo de la carne, los animales alimentados con arroz presentaron menor grado de marmoreo, produjeron carnes más magras y menor peso de carcasa en frío que los animales a los cuales se les suministró las otras dietas; parámetro que influye en la calidad de carne confiriéndole sabor y jugosidad a la misma (Cattelan, 2015).

Félix et al. (2023) realizaron un experimento con 32 terneras Hereford, donde se utilizaron 4 raciones totalmente mezcladas, sin fibra larga, elaboradas en base a grano de sorgo molido difiriendo en el nivel de sustitución por GACC.

Los niveles de sustitución van de 0% a 45%, se observó que el aumento de niveles crecientes de GACC en la dieta no afectó el consumo de MS de las terneras, pero sí se vio afectada la digestibilidad de la materia seca. En cuanto a la ganancia media diaria, el peso y altura del anca final, así como la eficiencia de conversión se vieron afectadas por el nivel de inclusión de GACC (Félix et al., 2023).

2.6 HIPÓTESIS

En una ración de engorde para vacunos, la sustitución de grano molido de maíz por GACC (45% de la ración base seca), su procesamiento y nivel de humedad del grano, afectarían las características de la canal y carne.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 PERÍODO Y ÁREA EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en el período comprendido entre el 17 de julio y 4 de octubre de 2023 con una duración de 89 días. Se llevó a cabo en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC), perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, ubicada en el departamento de Paysandú al litoral noroeste del país.

3.2 CLIMA

Durante el periodo experimental la temperatura media fue de 13,7°C, la temperatura mínima fue de 8°C y la máxima de 19,4°C.

Las precipitaciones fueron de 185mm acumulados en los meses de julio, agosto y septiembre (Estación Experimental Mario A. Cassinoni, 2024).

3.3 INFRAESTRUCTURA

El experimento se realizó en 16 corrales (123m², cada corral provisto de un bebedero y un comedero).

3.4 ALIMENTOS

Fueron formuladas cuatro raciones totalmente mezcladas (RTM), conformadas por 20% de voluminoso, 35% de un núcleo proteico con vitaminas, minerales y aditivos, y 45% de grano, difiriendo entre sí por el tipo de grano, grado de procesamiento y nivel de humedad. En la tabla 2 se presenta la composición de ingredientes.

Una RTM fue formulada exclusivamente con maíz molido (GMm); la segunda RTM fue sobre la base de la primera, donde el 45% del grano de maíz molido se sustituyó por GACC con igual grado de molienda que el maíz (GAm); la tercera RTM sustituyó el GAm por GACC quebrado y seco (14% humedad, GAq), y la cuarta RTM sustituyó el GAq y seco por GACC quebrado y húmedo (23% humedad, GAqH).

En el período de engorde y terminación se le suministró como voluminoso heno de moha.

Tabla 2*Composición de ingredientes de las RTM experimentales*

	RTM 1	RTM 2	RTM 3	RTM 4
Voluminoso (%)	20	20	20	20
Premezcla (%)	35	35	35	35
GMm (%)	45	-	-	-
GAm (%)	-	45	-	-
GAq (%)	-	-	45	-
GAqH (%)	-	-	-	45

Nota. RTM: Ración totalmente mezclada; GMm: grano de maíz molido; GAm: grano de arroz molido; GAq: grano de arroz quebrado; GAqH: grano de arroz quebrado húmedo, Composición de la premezcla: afrechillo de trigo (48.60%), maíz molido (43.10%), urea (3.01%), insalmix feedlot (0.25%), carbonato de calcio (3.76%), sal común (1.25%), montesina premix 20% (0.03%).

En la tabla 3 se aprecia la composición química de las RTM de los distintos tratamientos.

Tabla 3*Composición química de raciones experimentales*

Análisis	Tratamientos			
	GMm	GAm	GAq	GAqH
MS %	91.3	91.0	91.3	91.3
Cenizas %	7.4	10.3	11.9	10.8
PC %	12.9	11.4	11.1	11.3
aFDNmo %	31.9	34.3	41.2	36.9
FDAmo %	10.5	14.6	19.2	18.5
EE %	3.9	2.3	2.4	2.8
CNE %	43.9	41.7	33.4	38.2

Nota. MS (materia seca), aFDNmo (fibra detergente neutra de la materia seca), FDAmo (fibra detergente ácida de la materia seca), EE (extracto etéreo), CNE (carbohidratos no estructurales), GMm: grano de maíz molido; GAm: grano de arroz molido; GAq: grano de arroz quebrado; GAqH: grano de arroz quebrado húmedo.

Los alimentos evaluados fueron analizados para determinar el contenido de materia seca (MS) por secado a 105°C, cenizas (C), nitrógeno total (Kjeldahl) según Cunniff (1990). Los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) fueron determinados con tecnología Ankom (Fiber Analyzer 200, AnkomTechnology Corporation, Fairport, N.Y) de forma secuencial (Van Soest, 1994).

3.5 ANIMALES Y TRATAMIENTOS

Se trabajó con 48 novillos de raza Hereford pertenecientes al rodeo de la EEMAC, nacidos en la primavera de 2021. Los animales fueron bloqueados en 4 grupos

según el peso inicial, el cual para el bloque 1 fue $410 \pm 26,1\text{kg}$; bloque 2 fue $370 \pm 9,2\text{kg}$, mientras que para el bloque 3 y 4 fue de $349 \pm 19,4\text{kg}$ y $327 \pm 12,1\text{kg}$, respectivamente.

Dentro de cada bloque, grupos de tres animales fueron asignados al azar a un corral y estos fueron sorteados a una de las 4 raciones experimentales.

La alimentación de los animales fue en régimen de confinamiento.

3.6 PERÍODO DE CONFINAMIENTO, FAENA Y POST FAENA

3.6.1 Período pre experimental

El período pre experimental presentó una duración de 23 días, iniciando el 24 de junio y finalizando el 16 de julio de 2023, durante el cual se realizó la introducción gradual a las dietas experimentales, el acostumbramiento de los animales a las instalaciones y tratamiento sanitario. Al inicio del período se les aplicó un antiparasitario interno, seguido luego por un control para los piojos con pouron.

La alimentación durante este período para los cuatro tratamientos se basó en ensilaje de sorgo de planta entera (el cual se picó con un mixer Mary modelo M55), arroz húmedo y núcleo, teniendo en cuenta que la inclusión del concentrado se dio gradualmente. El alimento se suministró dos veces al día, un medio de la ración en cada turno, a las 10:00 horas y a las 15:00 horas, presentando un consumo *ad libitum*. Los animales tenían acceso *ad libitum* a agua limpia.

3.6.2 Período experimental de alimentación

Durante el período de confinamiento, el alimento continuó suministrándose en dos comidas diarias *ad libitum*, ofreciendo un medio de la ración diaria por turno, el primer turno a las 10:00 horas y el segundo turno a las 15:00 horas.

Cada ingrediente de la dieta (heno, núcleo y grano) fue pesado individualmente para cada corral previo al suministro. Los alimentos fueron mezclados manualmente previo al consumo de los animales. Antes del suministro del alimento en el primer turno, se realizó lectura de comederos, donde se le aumentó un 5% de la dieta cuando fue necesario en función de los rechazos. El suministro de agua limpia fue *ad libitum*.

Los animales se pesaron cada 14 días, y se midió la altura del anca al inicio y al fin del experimento. En la tabla 4, se resume la performance observada durante el período de alimentación a corral.

Tabla 4

Descripción de los animales durante el periodo de confinamiento según tratamientos

	Peso de ingreso (kg)	Peso de fin (kg)	Altura anca inicio (cm)	Altura de anca fin (cm)	GMD promedio (kg/día)	CMS promedio (kg)
GAqH	368 (± 33,63)	511 (±38,64)	131 (±5,44)	136 (±2,57)	2,1 (±0,32)	13,4 (±0,95)
GAq	365 (± 38,28)	505 (±39,09)	129 (±4,84)	136 (±2,81)	2,1 (±0,26)	13,5 (±0,95)
GAm	364 (±37,73)	497 (±42,40)	126 (±4,94)	136 (±2,78)	2,0 (±0,25)	13,5 (±1,67)
GMm	358 (±36,47)	509 (±38,87)	128 (±3,55)	137 (±2,71)	2,2 (±0,20)	14,0 (±0,83)

Nota. GMm: grano de maíz molido; GAm: grano de arroz molido; GAq: grano de arroz quebrado; GAqH: grano de arroz quebrado húmedo.

3.6.3 Faena y pos faena

Los animales correspondientes a cada tratamiento fueron faenados a fecha fija (3/10/23) en una planta comercial próxima a la ciudad de Paysandú, frigorífico "Casa Blanca".

3.7 REGISTROS Y MEDICIONES A LA FAENA Y POSFAENA

3.7.1 Pesada en planta

El día 2/10, a primera hora de la mañana se pesaron los animales en la planta frigorífica, registrando el peso individual en primera balanza, pasando posteriormente a la planta de faena.

En la planta de faena se registró para cada novillo el peso de la res caliente (izquierda y derecha) denominado peso en 3ª balanza, su función principal es medir el peso de las canales después de la primera etapa de procesamiento, pero antes de la clasificación final y el enfriamiento; se realizó la clasificación según el Instituto Nacional

de Carnes (INAC) (escala de conformación INACUR), y el correspondiente grado de terminación (escala de 0 a 4).

Luego del procesamiento y enfriamiento de las medias reces, se obtuvo el peso en 4^{ta} balanza, peso por el cual se le facturará al productor.

El pH de la carne fue medido por el frigorífico con un peachímetro con electrodo de penetración de carne.

En post faena, se realizó un corte en la 10^a costilla, permitiendo extraer parte del *Longissimus dorsi* para próximas mediciones.

El espesor de grasa dorsal o subcutánea se midió con una regla milimetrada, entre la décima y onceava costilla a la altura de la mitad del área de ojo de bife.

El grado de marmoreo se midió entre la décima y onceava costilla, en el área de ojo de bife, por apreciación visual, utilizando la escala de marmóreo del United States Department of Agriculture (USDA, s.f.), clasificándose en prácticamente desprovisto, desprovisto, trazas, ligero, pequeño, modesto, moderado, ligeramente abundante, moderadamente abundante y abundante.

El color de la carne fue medido a través de un colorímetro portátil (Minolta CR – 400 (Osaka, Japón) en el *Longissimus dorsi*. Luego de que el músculo fue expuesto al oxígeno durante 30 a 40 minutos se tomaron tres medidas aleatoriamente que fueron promediadas, para tres parámetros, L (luminosidad), a (índice de rojo) y b (índice de amarillo).

La terneza instrumental se realizó en el laboratorio de calidad de carne de la EEMAC con muestras tomadas de cada canal del *L. dorsi*. Se analizó mediante el método de WarnerBratzler, en donde se realiza un corte transversal a las fibras musculares, obtenidas mediante un sacabocado de 2.5cm de espesor luego de haber cocido el *L. dorsi* a baño maría durante 45 minutos, a una temperatura aproximada de 70°C en el centro del bife. Éste método mide la fuerza de corte de la carne por medio de una cizalla utilizando un texturómetro Instron 3342 expresando el resultado en kg fuerza.

3.8 VARIABLES CALCULADAS

3.8.1 Rendimiento

Se calculó a partir del cociente entre el peso de canal caliente y el peso vivo en el momento de la faena, expresándose como porcentaje.

3.8.2 Dressing

Se calcula como la diferencia entre 3ª y 4ª balanza y se expresa en porcentaje.

3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado mediante modelos lineales que corresponden a un diseño en bloques completos al azar, utilizando el procedimiento GLM de SAS, de acuerdo al siguiente modelo general, y considerando cada corral como una unidad experimental:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_k + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ijk} : variable de respuesta (peso final, peso de faena, espesor de grasa subcutánea, área de ojo de bife, color, pH, terneza y marmóreo)

T_i : efecto del i -ésimo de la sustitución de grano de maíz molido por grano de arroz con cáscara ($i=GM; GACCm; GACCq$ y $GACCqH$)

B_k : efecto bloque ($k= 1; 2; 3; 4$)

ε_{ij} : error experimental

Para evaluar las variables de terminación y conformación se utilizó el test exacto de Fisher.

Cuando el efecto de tratamiento fue significativo, las medias de tratamientos fueron comparadas mediante contrastes ortogonales ($t-1$), cuantificando el efecto del tipo de grano (GMm vs GAm), el efecto del procesamiento de GACC (GAm vs GAq) y el efecto del nivel de humedad del GACC ($GAq14\%$ vs $GAqH23\%$ MS). Se consideró un efecto estadísticamente significativo cuando la probabilidad de error Tipo I fue $\leq 5\%$, y una tendencia cuando este fue ≤ 1 .

4. RESULTADOS

4.1 PESO FINAL A LA SALIDA DEL CORRAL

Los animales finalizaron el experimento con un peso final para el bloque 1 de $556 \pm 21.7\text{kg}$, para el bloque 2 de $519 \pm 26.4\text{kg}$, y para el bloque 3 y 4 de $496 \pm 24.2\text{kg}$ y $467 \pm 18.7\text{kg}$ respectivamente.

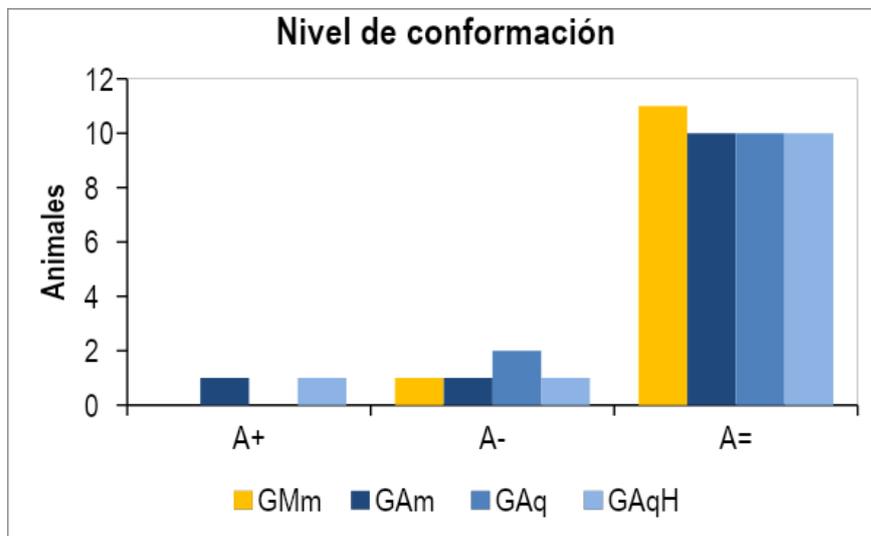
4.2 CALIDAD DE CANAL Y CARNE

En la figura 3 se presenta la distribución de canales según su conformación. No se observaron diferencias debidas a los tratamientos ($P=1.00$) Todas las canales se correspondieron a la categoría de tipo A (en su conjunto), conformación mínima aceptable para la producción de cortes de alto valor, al que pertenece el mayor porcentaje de la faena nacional (Formento, 2015).

Se puede apreciar que la mayoría fueron tipificadas con la letra A= (85.4%) ésta se define como perfiles rectos en todas las líneas y una relación trasero/delantero 50/50; seguido por 10.4% animales que corresponden a la categoría de A- en la que se agrupan canales con perfiles ligeramente cóncavos y una relación trasero/delantero en que prevalece apenas el cuarto delantero; por último en la categoría A+ se ubican los restantes 4.2% animales correspondientes a los tratamientos GAM y GAqH, quienes se corresponden con carcasas de perfiles apenas convexos, que tienden a ser rectos en algunas zonas y una relación trasero/delantero en que prevalece apenas el cuarto trasero (Formento, 2015).

Figura 3

Evaluación de animales por nivel de conformación según tratamientos (GMm, GAm, GAq, GAqH)



Nota. GMm: grano de maíz molido; GAm: grano de arroz molido; GAq: grano de arroz quebrado; GAqH: grano de arroz quebrado húmedo.

Tampoco se observaron diferencias estadísticas debidas a tratamiento en el grado de terminación ($P=0.57$). La figura 4 evidencia que 43.8% de los animales correspondieron a la categoría 2-, donde se observa grasa de cobertura uniforme en el centro de la canal, mientras que su espesor disminuye hacia los extremos. El siguiente 27.1% de los animales correspondió al grupo 2=, caracterizado por grasa que cubre la totalidad de la canal, de mayor espesor y uniforme, se aceptan moderados excesos en algunas regiones, este grupo pertenece al más adecuado desde el punto de vista industrial, dado que este tipo de canal requiere menor prolijado de sus cortes, dándole mayor valor a la grasa en el producto final.

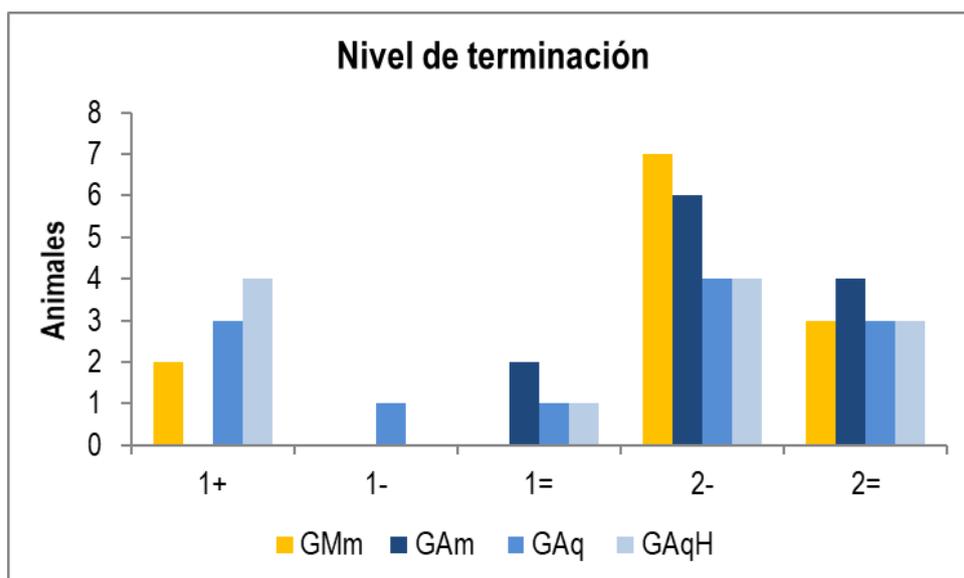
La siguiente categoría con más animales es 1+, en la que se aprecia el 18.8% de los animales correspondientes a los tratamientos GMm, GAq y GAqH, canales caracterizadas por presentar grasa que la cubre en su totalidad, de poco espesor; en este caso se nota el pasaje de las vénulas en zonas de bife y asado que no aparecen en el grado 2 (Formento, 2015).

Siguiendo con la misma lógica, en el grado 1= se presenta el 8.3% de los animales, los cuales pertenecen a los tratamientos GAq, GAqH y GAm, donde las canales presentan grasa de cobertura escasa y ésta es de poco espesor, además se presenta mal distribuida y con algunas regiones sin cubrir (Formento, 2015).

Por último, el grado 1- al cual pertenece un 2.1%, correspondiente a un solo animal del tratamiento GAq, su canal está definida por grasa muy escasa y de espesor casi transparente donde se visualizan músculos y vasos sanguíneos, además hay varias regiones de la canal sin cubrir (Formento, 2015).

Figura 4

Número de animales por nivel de terminación y tratamientos (GMm, GAm, GAq, GAqH)



Nota. GMm: grano de maíz molido; GAm: grano de arroz molido; GAq: grano de arroz quebrado; GAqH: grano de arroz quebrado húmedo.

En la tabla 5 se presenta el efecto de tratamientos sobre, las variables de calidad de canal y carne estudiadas, y sus respectivos promedios por tratamientos.

Tabla 5

Efecto de inclusión del GACC, procesamiento y humedad en la calidad de canal y carne

Variable	Tratamientos				EE	Pr>F
	GMm	GAm	GAq	GAqH		
Peso faena (kg)	481.68	480.00	477.93	482.93	5.46	0.922
Peso carcasa (kg)	266.28	263.38	258.50	267.83	2,55	0.118
Rendimiento (%)	55.30	54.85	53.98	55.43	0.38	0.089
Destare (kg)	5.75	4.93	3.88	5.10	0.45	0.089
Dressing (%)	6.43	6.78	6.97	6.70	0.26	0.574
EGD (mm)	14.50	13.42	13.58	14.75	1.19	0.820
AOB (cm ²)	59.10	58.93	53.32	56.67	1.79	0.090
Marmoreo ¹	2.88	3.08	3.13	2.84	0.16	0.525
Color músculo ²						
L	40.92	40.18	39.69	39.62	1.06	0.812
a	25.63	23.89	24.29	24.44	1.06	0.696
b	10.45	9.38	9.44	9.56	0.78	0.751
pH	5.67	5.65	5.71	5.69	0.06	0.904
Terneza (kgf/cm ²)	3.36	4.20	4.25	3.72	0.42	0.433

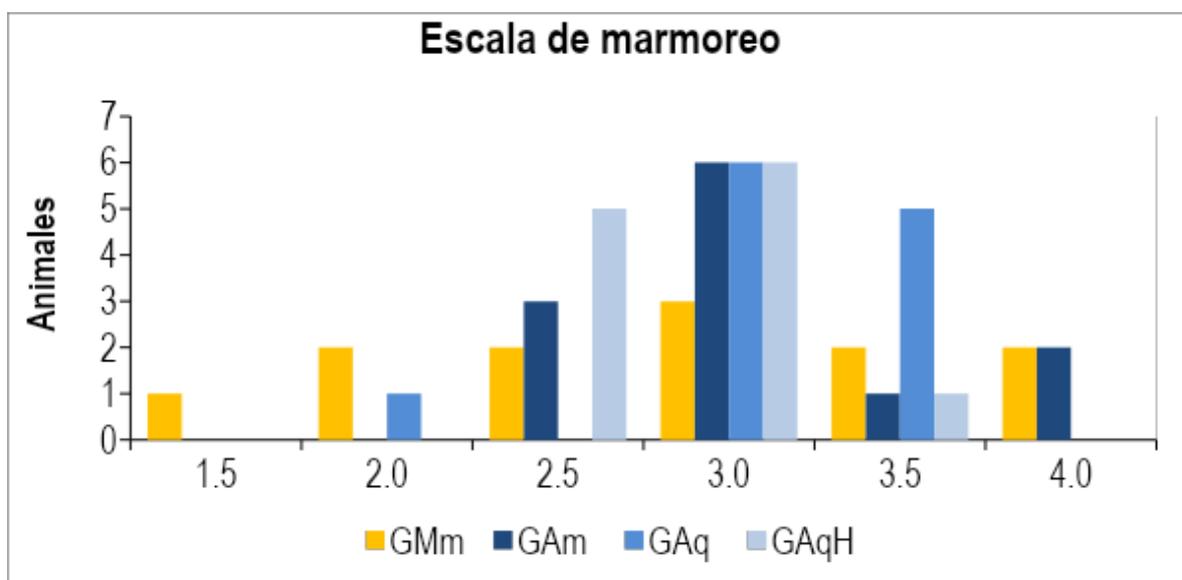
Nota. GACC: grano de arroz con cáscara; GMm: grano de maíz molido; GAm: grano de arroz molido; GAq: grano de arroz quebrado; GAqH: grano de arroz quebrado húmedo; EGD: espesor de grasa dorsal; AOB: área de ojo de bife; ¹Escala USDA: Ligero (Select 100-199), pequeño (Choice⁻ 200-299), modesto (choice^o 300-399), moderado (Choice⁺ 400-499), ligeramente abundante (Prime⁻ 500-599), moderadamente abundante (Prime^o 600-699), abundante (Prime⁺ 700-799) dorsal. ²Parámetros de color: L= Luminosidad (0=negro; 100=blanco), a= índice de rojo (a<0=verde; a >0=rojo), b=índice de amarillo (b<0=azul; b>0=amarillo).

Ninguna de las variables que describen la calidad de canal y carne se vieron afectadas al sustituir kilo a kilo el grano de maíz por GACC, de igual modo no se vieron afectadas por el nivel de procesamiento ni por el nivel de humedad (Pr>0,05).

Se puede apreciar en la figura 5 que el 43.8% de los animales se agrupó en la clase 3 de la escala de marmoreo correspondiente a un nivel moderado, seguido por un 20.8% ubicados en la clase 2.5, que corresponde a un nivel entre modesto y moderado, mientras que 18.8%, 8.3%, 6.3% y 2.1%, se ubican en la clase, 3.5, 4, 2 y 1.5, correspondiente a moderado y levemente abundante, levemente abundante, modesto y entre pequeño y modesto, respectivamente.

Figura 5

Distribución de los animales según la escala de marmoreo diferenciado por tratamiento



Nota. GMm: grano de maíz molido; GAm: grano de arroz molido; GAq: grano de arroz quebrado; GAqH: grano de arroz quebrado húmedo Escala USDA: 1 Pequeño (Select 1), 2 Modesto (Choice 2), 3 Moderado (Choice 3), 4 Levemente abundante (Choice 4).

5. DISCUSIÓN

Contrariamente a lo planteado en la hipótesis del presente trabajo, la inclusión de GACC (45% de la RTM) en sustitución del grano de maíz kg a kg, así como sus diferentes niveles de procesamiento y humedad, no tuvieron un impacto significativo en las características de canal y carne en novillos Hereford alimentados a corral.

Al observar el contenido de PC y de CNE de ambos granos, puede observarse que el GMm presentó un 12.95% de PC, y un 43.9% de CNE, mientras que en el GACC, independientemente del nivel de procesamiento y humedad, las concentraciones fueron inferiores a las del maíz. El GAm presentó un 11.4% de PC y un 41.7% de CNE, mientras que el GAq presenta 11.1% PC y 33.4% CNE, y por último el GAqH posee 11.3%PC y 38.2% CNE.

En cuanto a extracto etéreo, se observa que para el caso del tratamiento con grano de maíz molido presenta una concentración superior si se compara con los tratamientos con grano de arroz con cáscara independientemente del nivel de procesamiento y humedad del mismo.

Los tratamientos con grano de arroz con cáscara son los que presentan mayor concentración de cenizas, explicado principalmente por el alto contenido (20%) de cáscara la cual contiene sílice en su conformación.

Es fundamental señalar que, antes de analizar las variables más relevantes, como el peso vivo, la ganancia diaria y las relacionadas con la calidad de la carne, ninguna de ellas presentó diferencias significativas debidas a los tratamientos.

5.1 EFECTO DE TIPO DE GRANO: MAÍZ VS GACC

A priori, según valores de tabla las grandes diferencias entre maíz y GACC ambos molidos, están dadas por la mayor cantidad de fibra asociada a la cáscaradel GACC, que ejercería un efecto de dilución sobre la EM.

Teniendo en cuenta el aporte de energía metabolizable de cada grano, según INRAE et al. (2002a, 2002b) se observa que el maíz presenta un aporte de 3.34Mcal/kg, mientras que el arroz presenta 2.40Mcal/kg, la variable que se vería más condicionada por la concentración energética y el consumo del alimento sería el peso relativo de la carcasa, dado que, a mayor EM, mayor concentración de energía se destinaría a la deposición de grasa, obteniendo mayor peso de carcasa (McPhee, 2024). Según los datos calculados en el experimento la EM del GMm fue de 2.9Mcal/kg, y del GAm fue

de 2.8Mcal/kg, sin presentar diferencias significativas en la calidad de canal y carne, específicamente en las variables pH, color, terneza, AOB, EGD, marmóreo, dressing, rendimiento, peso de carcasa, conformación y terminación. Esta respuesta sería consistente con el hecho de no encontrar grandes diferencias en la concentración de EM de los distintos granos, respaldado por lo reportado por Silveira et al. (2009), quienes afirman que un aumento en el nivel energético de la dieta promovió una mejora en la calidad de la carne de los bovinos confinados.

En cuanto al tipo de grano, según lo reportado por INRAE et al. (2002a, 2002b) en el GACC molido la FDN y la FDA es 26.4% y 13.5% respectivamente, mientras que en el grano de maíz es 10.7% y 2.6%. Según los resultados obtenidos en el experimento mediante el análisis químico de cada grano se desprende que el GACC molido contiene FDN y FDA 28.9% y 13.9% respectivamente, mientras que en el grano de maíz es 23.7% y 4.8% respectivamente. Al tener en cuenta que un contenido mayor de FDA y FDN tendería a ser un alimento menos digestible, por ende, los animales presentarían una menor eficiencia de conversión. Sin entrar a discutir los resultados del corral, los animales de los distintos tratamientos no presentaron diferencias en peso final, lo que podría atribuirse a un mayor consumo de GACC.

Cattelan (2015) observó que el peso de faena y el peso de carcasa fueron superiores en el maíz respecto al arroz, explicado por una diferencia en la GMD; en el presente experimento las GMD fueron similares, sin diferencia significativa, por lo que el peso de faena, carcasa, marmoreo y engrasamiento de la canal son similares entre tratamientos.

En concordancia con lo planteado por Cattelan (2015), en cuanto al AOB, es independiente del grano utilizado, dado que los mismos provén al animal una óptima nutrición que asegura un buen desarrollo muscular, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos, explicado por el crecimiento alométrico, donde el desarrollo muscular se da luego del óseo y previo a la deposición de grasa.

En cuanto al pH, luego de 24 horas de refrigerado, en este experimento los valores se encontraron entre 5.5 a 5.8 sin presentar diferencias significativas entre tratamientos, según Savell et al. (2005) este rango es el considerado adecuado, de acuerdo con Rocha Júnior et al. (2010) la evaluación del pH es de suma importancia dado que influye directamente en la terneza de la carne, explicado porque favorece la liberación de enzimas proteolíticas además de aumentar la vida útil del producto.

Siguiendo la misma línea, el color tampoco presentó diferencias significativas en cuanto al tipo de grano utilizado, explicado debido a que el color está correlacionado negativamente con el pH, donde valores altos de pH se traducen en colores de carnes más oscuros, de acuerdo a lo reportado por Cattelan (2015).

5.2 EFECTO DEL PROCESAMIENTO: GACC MOLIDO VS GACC QUEBRADO

Según el tipo de procesamiento se afecta de manera diferente la granulometría del grano, variando así el tamaño medio de la partícula. Esto influye directamente en el aprovechamiento del grano por los animales, afectando diferentes variables como la eficiencia de conversión, ganancia media diaria y CMS, así como características relacionadas a la calidad de la carne, centrándonos principalmente en estas últimas (Dunmire et al., 2022).

Según McDonald et al. (2013) el procesamiento de los granos, como la molienda o el quebrado, es fundamental para mejorar la digestibilidad del almidón en los rumiantes. Este procesamiento facilita el acceso de las bacterias ruminales al almidón, optimizando la fermentación ruminal y mejorando la eficiencia en la utilización de los carbohidratos presentes en el GACC. El almidón que contiene este grano está principalmente compuesto por amilosa y amilopectina, siendo esta última la fracción más abundante. La amilopectina por su estructura altamente ramificada, es más fácilmente digestible que la amilosa, pero la cáscara puede dificultar el acceso de los microorganismos ruminales a esta fuente de energía.

Al contrastar el GACC molido con el GACC quebrado y en concordancia con la hipótesis planteada del experimento, se esperaría encontrar diferencias en el marmoreo, explicado por una mejor digestión en rumen del grano que presenta mayor grado de procesamiento. Siguiendo la lógica que plantean Rowe et al. (1999), cuando los granos se ofrecen molidos presentan partículas que son de rápida fermentabilidad a nivel ruminal y por ende se obtiene una mayor digestión del almidón en rumen, obteniendo como productos finales los ácidos grasos volátiles, presentándose en mayor proporción el ácido propiónico.

Sin embargo, en el presente experimento en cuanto al marmoreo no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes niveles de procesamiento. Esto podría evidenciar que el quebrado es suficiente para una elevada fermentación en rumen asociado al tipo de almidón que aporte el GACC, La ausencia de diferencias debidas al grado de procesamiento también podría estar explicada por el efecto compensatorio que ejerce la digestión post ruminal (Spicer et al., 1986), dado que la

ración con menor nivel de procesamiento, es decir partículas de mayor tamaño, serán digeridas en mayor proporción en el intestino delgado, donde el almidón digerido en éste proporciona un 42% más de energía para el metabolismo en comparación al digerido en rumen (Owens et al., 1986). Por lo tanto, al cambiar el sitio de digestión del rumen al intestino, se lograría mejorar la eficiencia energética (siempre y cuando la digestión total no disminuya), la cual luego de cubrir los costos de mantenimiento, sería destinada a la producción de ácidos grasos en los adipocitos intramusculares, explicando así un similar nivel de marmoreo entre los diferentes niveles de procesamiento.

5.3 EFECTO DEL NIVEL DE HUMEDAD: GACC QUEBRADO SECO VS GACC QUEBRADO HÚMEDO

Al analizar los distintos niveles de humedad en el GACC (quebrado seco con 14% de humedad y quebrado húmedo con 23% de humedad), se observa que en las características de canal y carne (pH, color, terneza, AOB, EGD, marmoreo, dressing, rendimiento, peso de carcasa, conformación y terminación) no se encontraron diferencias significativas, en oposición con la hipótesis planteada, avalada por lo que plantea Pordomingo (2013), que los granos con mayor contenido de humedad incrementarían la degradabilidad ruminal, lo que se traduce en una mayor digestibilidad total.

Es importante destacar que la madurez fisiológica de la planta se alcanza cuando tiene un 35% de humedad, momento en el cual se logra el mayor peso seco y la mayor concentración de azúcares totales (Montiel, 2014). En el experimento la humedad del grano se encontró por debajo de 25%, ésta es escasa para que ocurra la rápida fermentación láctica, la cual es la ideal para una buena conservación del ensilaje, dicha humedad coincide con reducida compactación y aire en la bolsa, lo que hace que se consuman los azúcares, disminuyendo la calidad del alimento (Bennett & Tucker, 1986).

6. CONCLUSIÓN

La inclusión de GACC hasta 45% de la RTM en el engorde de novillos Hereford a corral, con dietas ofrecidas *ad libitum*, con una relación concentrado/voluminoso 80/20, es viable, contrariamente a las expectativas, no produjo cambios significativos en las características de canal y carne evaluadas.

Los resultados obtenidos cuestionan la hipótesis planteada de que la inclusión parcial de GACC con diferente nivel de procesamiento y humedad, en sustitución de grano de maíz presentaría diferencias significativas en las características de canal y carne. Esto lleva a afirmar que sería posible sustituir en dietas de animales confinados el maíz por GACC.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argenta, F. M. (2015). *Grãos inteiros de milho, aveia branca ou arroz com casca na terminação de bovinos confinados: Desempenho e comportamento ingestivo* [Disertación doctoral]. Universidade Federal de Santa María.
- Beauchemin, K. A., Yang, W. Z., & Rode, L. M. (2001). Effects of barley grain processing on the site and extent of digestion of beef feedlot finishing diets. *Journal of Animal Science*, 79(7), 1925-1936.
- Bennett, W., & Tucker, B. (1986). *Producción moderna de sorgo granífero*. Hemisferio Sur.
- Beretta, V., & Simeone, A. (2014). Grano de sorgo: «Puente blanco» entre la agricultura y la ganadería. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *16a jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Propuestas tecnológicas en ganadería para un país ganadero, agrícola y forestal* (pp. 16-23). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2014.pdf>
- Britton, R. A., & Stock, R. A. (1986). Acidosis, rate of starch digestion and intake. En F. N. Owens (Ed.), *Symposium Proceedings: Feed Intake by Beef Cattle* (p. 25). Oklahoma Agricultural Experiment Station.
- Cattelan, J. (2015). *Características pós-abate de bovinos terminados com substitutos aomilhoem dietas de alto grão* [Disertación doctoral]. Universidade Federal de Santa María.
- Chalkling, D. J. (2004). *Producción de carne bovina: Engorde intensivo (engorde a corral - feedlot)*. INIA. <http://www.inia.org.uy/prado/2004/engorde%20a%20corral.htm>
- Colomer-Rocher, F., Delfa, R., & Sierra, I. (1988). Métodos normalizados para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales caprinas y ovinas. *Cuadernos INIA*, (17),21-30.
- Consigli, R. (2001). *¿Qué es la calidad de la carne?* Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/21-que_es_la_calidad_de_la_carne.pdf

- Cruse, T. (1910). Feeding experiments with steers and hogs. *Texas Station Bulletin*, (135), 4-41.
- Cuitiño, M. J., & Cardozo, V. (2018). *Maíz: Clasificación y usos potenciales*. *Revista INIA*, (54), 32-35. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11262/1/revista-INIA-54-setiembre-2018.-p.32-35.pdf>
- Cunniff, P. (Ed.). (1990). *Official methods of analysis of AOAC international* (16th ed). AOAC.
- Di Marco, O. N. (1998). *Crecimiento de vacunos para carne*. Oscar Di Marco.
- Dunmire, K. M., Stark, C. R., & Paulk, C. B. (2022). Feed processing technology and quality of feed. En Lee I. Chiva (Ed.), *Sustainable swine nutrition* (2nd ed., pp. 429-444). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119583998.ch16>
- Estación Experimental Mario A. Cassinoni. (2024, 26 de noviembre). *Annual Climatological Summary* [Resumen climatológico 2023. Conjunto de datos]. <http://meteorologia.eemac.edu.uy/NOAAPRYR.TXT>
- Félix, E., Peñalva, S., & Ulery, S. (2023). *Evaluación del grano de arroz con cáscara como ingrediente de raciones de recría para vacunos manejados en confinamiento* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Corrección bibliográfica de trabajos finales de grado. <http://tesis.fagro.edu.uy/index.php/tg/catalog/view/204/145/4233>
- Formento, P. (2015). *Clasificación y tipificación de carnes*. INAC. <https://www.inac.uy/innovaportal/file/11971/1/clasificacion-y-tipificacion.pdf>
- François, R., Magri, G., & Montes, F. (2003). *Suplementación energética con fuentes de diferente degradabilidad ruminal en novillos Hereford alimentados en base de pasturas de alta calidad en el período otoño-invernal: Cinética de degradabilidad y parámetros ruminales* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Galyean, M. L., Wagner, D. G., & Johnson, R. R. (1976). Site and extent of starch digestion in steers fed processed corn rations. *Journal of Animal Science*, 43(5), 1088-1094. <https://doi.org/10.2527/jas1976.4351088x>

- Heuzé, V., Tran, G., & Hassoun, P. (2015). Rough rice (paddy rice). En Institut National de Recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Association Française de Zootechnie, & Food and Agriculture Organization of the United Nations(Eds.), *Feedipedia*. <https://www.feedipedia.org/node/226>
- Hibberd, C. A., Wagner, D. G., Schemm, R. L., Mitchell, Jr., E. D., Weibel, D. E., & Hintz, R. L. (1982). Digestibility characteristics of isolated starch from sorghum and corn grain. *Journal of Animal Science*, 55(6), 1490-1497.
- Honikel, K. (1991). Animal biotechnology and the quality of meat production. En L. O. Fiems, B. G. Cottyn, & O. I. Oemeyer (Eds.), *Animal biotechnology and the quality of meat production* (pp. 107-125). Elsevier.
- Huntington, G. B. (1997). Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *Journal of Animal Science*, 75(3), 852-867.
- Huntington, G. B., Harmon, D. L., & Richards, C. J. (2006). Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *Journal of Animal Science*, 84(E. Suppl.), E14-E24. https://doi.org/10.2527/2006.8413_supple14x
- Institut National de Recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, & Association Française de Zootechnie. (2002a). *Maize*. <https://www.feedtables.com/content/maize>
- Institut National de Recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, & Association Française de Zootechnie. (2002b). *Rice, paddy*. <https://www.feedtables.com/content/rice-paddy>
- Juliano, B. O. (1992). Structure, chemistry, and function of the rice grain and its fractions. *Cereal Foods World*, 37(10), 772-774.
- Locker, R. H. (1989). Meat production and processing. En R. W. Purchas, B. W. Buttler-Hogg, & A. S. Davis (Eds.), *Meat production and processing* (pp. 173-183). New Zealand Society of Animal Production.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2013). *Nutrición animal* (7a ed.). Acribia.

- McNeill, J. W., Potter, G. D., & Riggs, J. K. (1971). Ruminal and post ruminal carbohydrate utilization in steers fed processed sorghum grain. *Journal of Animal Science*, 33(6), 1371-1374. <https://doi.org/10.2527/jas1971.3361371x>
- McPhee, M. J. (2024). Predicting fat cover in beef cattle to make on-farm management decisions: A review of assessing fat and of modeling fat deposition. *Translational Animal Science*, 8, Artículo txae058. <https://doi.org/10.1093/tas/txae058>
- Montiel, M. D. (2014). Factores que afectan el valor nutritivo del grano de sorgo. En INTA EEA Balcarce (Ed.), *Nutrición Animal Aplicada* (pp. 49-63). Sitio Argentino de Producción Animal. https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/167-curso_nutricin_animal_aplicada_2014.pdf#page=50
- National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. (2016). *Nutrient requirements of beef cattle* (8th ed. Rev). National Academy Press.
- Nocek, J. E., & Tamminga, S. (1991). Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effects on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3598-3629.
- Ørskov, E. R. (1976). The effect of processing on digestion and utilization of cereals by ruminants. *Proceedings of the Nutrition Society*, 35(2), 245-252.
- Ørskov, E. R. (1990). *Alimentación de los rumiantes: Principios y práctica*. Acribia.
- Owens, F. N., Zinn, R. A., & Kim, Y. K. (1986). Limits to starch digestion in the ruminant's small intestine. *Journal of Animal Science*, 63(5), 1634-1648.
- Philippeau, C., & Michalet-Doreau, B. (1997). Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Animal Feed Science and Technology*, 68, 25-35.
- Piran, F. A., Bragatto, J. M., Parra, C. S., Silva, S. M. D. S. D., Pinto, R. C. C., Moraes, A. D., & Daniel, J. L. P. (2024). Effect of processing method of rehydrated flint corn grain silage on finishing performance of crossbred Angusx Nelore bulls. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 53, Artículo e20230140. <http://dx.doi.org/10.37496/rbz5320230140>

- Pordomingo, A. J. (2004). *Engorde a corral*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/78-feedlot.pdf
- Pordomingo, A. J. (2013). *Feedlot: Alimentación, diseño y manejo*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/187-inta_feedlot_2013.pdf
- Pordomingo, A. J., Jonas, O., Adra, M., Juan, N. A., & Azcárate, M. P. (2002). Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, para engorde de bovinos a corral. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 31, 1-23. <https://www.redalyc.org/pdf/864/86431101.pdf>
- Purchas, R. W., Butler-Hogg, B. W., & Davies, A. S. (1989). *Meat production and processing*. New Zealand Society of Animal Production.
- Real Academia Española. (s.f.). Almidón. En *Diccionario de la lengua española* (23a ed.). <https://dle.rae.es/almid%C3%B3n>
- Richards, C. J. (1999). *Influence of small intestinal protein on carbohydrate assimilation and metabolism in beef cattle* [Disertación doctoral]. University of Kentucky.
- Robaina, R. (2012). *Algunas definiciones prácticas*. INAC. https://www.inac.uy/innovaportal/file/6351/1/algunas_definiciones_practicas.pdf
- Rocha Júnior, V. R., Silva, F. V., Barros, R. C., Reis, S. T., Costa, M. D., Souza, A. S., Caldeira, L. A., Oliveira, T. S., & Oliveira, L. L. S. (2010). Desempenho e características da carcaça de bovinos Nelore e Mestiços terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 11(3), 865-875.
- Rooney, L. W., & Pflugfelder, R. L. (1986). Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*, 63, 1607-1623.
- Rowe, J., Choct, M., & Pethick, D. (1999). Processing cereal grains for animal feeding. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50(5), 721-736.

- Sauvant, D. (1997). Conséquences digestives et zootechniques des variations de la vitesse de digestion de l'amidon chez les ruminants. *INRAE Productions Animales*, 10(4), 287-300. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.1997.10.4.4003>
- Savell, J. W., Mueller, S. L., & Baird, B. E. (2005). The chilling of carcasses. *Meat Science*, 70(3), 449-459.
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., & Koohmaraie, M. (1997). Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days postmortem as a predictor of aged beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 75(9), 2417-2422.
- Silveira, M. F., Brondani, I. L., Arboitte, M. Z., Alves Filho, D. C., Restle, J., Pizzuti, L. A. D., Luz, T. R. R., & Retore, M. (2009). Composição física da carcaça e qualidade da carne de novilhos Charolês e Nelore que receberam diferentes proporções de concentrado na dieta. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61(2), 467-474.
- Simeone, A., Beretta, V., Rowe, J. B., & Nolan, J. (2004). Feed intake, digestibility and fermentation patterns of beef cattle fed chaff and whole or ground maize grain. *Animal Production in Australia*, (25), 314. <https://www.publish.csiro.au/SA/pdf/SA0401159>
- Snell, M. G., Bray, C. I., Morrison, F. L., & Jackson, M. E. (1945). *Fattening steers on corn, rice products, and rice straw*. Louisiana State University.
- Spicer, L. A., Theurer, C. B., Sowe, J., & Noon, T. H. (1986). Ruminant and post-ruminal utilization of nitrogen and starch from sorghum grain, corn, and barley-based diets by beef steers. *Journal of Animal Science*, 62(2), 521-530.
- Stock, R. A., Brink, D. R., Britton, R. A., Goedeken, F. K., Sindt, M. H., Kreikemeier, K. K., Bauer, M. L., & Smith, K. K. (1987). Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. *Journal of Animal Science*, 65(1), 290-302.
- Teira, G., Perlo, F., Bonato, P., & Tisocco, O. (2006). Calidad de carnes bovinas: Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. *Ciencia, Docencia, Tecnología*, 17(33), 173-193.

Theurer, C. B., Lozano, O., Alio, A., Delgado-Elorduy, A., Sadik, M., Huber, J. T., & Zinn, R. A. (1999). Steam-processed corn and sorghum grain flaked at different densities alter ruminal, small-intestinal, and total tract digestibility of starch by steers. *Journal of Animal Science*, 77, 2824-2831.

United States Department of Agriculture. (s.f.). *Beef Grading Shields*.

<https://www.ams.usda.gov/grades-standards/beef/shields-and-marbling-pictures>

Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f.). *Maíz (Zea mays)*.

<http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php/que-son-los-cereales/estructura-y-morfologia-de-los-cereales/maiz-zea-mays>

Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Comstock Publishing Associates.

Vieselmeyer, B. A., Rasby, R. J., Gwartney, B. L., Calkins, C. R., Stock, R. A., & Gosey, J. A. (1996). Use of expected progeny differences for marbling in beef: I. Production traits. *Journal of Animal Science*, 74(5), 1009-1013.

Weaver, L. A., & Moffett, H. C. (1937). *Rough rice for fattening cattle, sheep, and hogs*. University of Missouri.

Zinn, R. A. (1993). The influence of grain source on the performance of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 71, 3-10. <https://doi.org/10.2527/1993.7113>