



Trabajo de intensificación para optar al grado académico de
Ingeniera Agrónoma

*Efecto de la suplementación con grano de
avena sobre parámetros productivos y
económicos en novillos terminados con
verde de sorgo*

Agustina Hollmann

Docente tutora: Dra. Marcela Martínez

Docentes consejeros: Dr. Mariano Menghini;

Dr. Carlos Torres Carbonell

Asesores externos: Dr. Lagrange Sebastián;

Dra. Andrea Bolletta



Departamento de Agronomía
Universidad Nacional del Sur
Agosto 2024



Agradecimientos

Al IPCVA, fuente de financiación del ensayo realizado en la EEA INTA Bordenave.

A la Universidad Nacional del Sur, más precisamente al Departamento de Agronomía y todos mis docentes por formarme con educación pública gratuita y de calidad, y por permitirme atravesar esta etapa como estudiante, ayudante (mis primeros aportes jubilatorios), tutora alumna y parte del Centro de Estudiantes. Gracias a mis compas de TPA Leti, Cele, Vicky por la experiencia vivida.

A Marce, Mariano y Carlitos por acompañarme en la etapa final de mi carrera y en las palabras aquí expresadas.

A Andre, Seba, Maxi, Mauri, Dani y todo el grupo de trabajo del Sector de Producción Animal de INTA Bordenave, por recibirme con tanto cariño y permitirme ser parte de un proyecto tan lindo con el que pude culminar mi etapa universitaria, me llevo esa experiencia en mi memoria.

A mi familia, que son mi todo, que me acompañó, apoyó y me dio su amor siempre. Papá, gracias por tus palabras antes y después de cada aprobada y desaprobada, que siempre me alentaron a seguir intentando y no me permitieron bajar los brazos. Santi, mi hermano mayor y protector por estar siempre ahí con la palabra justa para cada momento y tranquilizarme cuando sentí que todo era caos. Nachi mi turmanita, por tanta complicidad y llamarme cada vez que sentí que los extrañaba, y por mostrarme todos los animales y mantenerme al tanto de las noticias. “Los hermanos sean unidos porque esa es la ley primera” nos ha dicho siempre papá y claro que la hacemos cumplirse. A mamá, por su amor y entrega total, que nos tuvo que dejar temprano, pero nos dejó la suficiente luz para que nos alumbre el camino (desde donde estes espero que estes festejando con nosotros).

A mis abuelas y abuelo, totalmente incondicionales. A mis tíos y primos por su hospitalidad y cariño cada vez que nos encontramos.

A mis amigas y amigos, que no los nombro uno por uno porque por suerte la lista es larga, pero los adoro y sin ustedes el camino hubiera sido duro, gracias por hacerlo más liviano. A la Rosca y Sara hermanas que elegí y volvería a elegir en otras vidas. A Emi que fue una pieza fundamental para construir la persona que soy.

A mi queridísimo CEA y todas las personas que lo transitaron junto a mí, gran parte de lo que soy se lo debo, gracias por dejarme ser tan libremente dentro de un espacio increíble, fue difícil de soltar.

9 de agosto de 2024.

Resumen

Diversos estudios demuestran que la carne producida bajo sistemas pastoriles contiene un perfil de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) deseable para nuestra salud, sumado a una relación omega 6: omega 3 cercana a 1. En el sudoeste bonaerense, zona productiva marginal de la provincia, existen productores que comercializan carne certificada a pasto. Una de las limitantes que enfrentan es la inestabilidad en cuanto a calidad y cantidad de forraje a lo largo del año, que no garantizan la terminación de los animales con un buen grado de engrasamiento y rendimiento de res que demanda el mercado. Este ensayo surge para buscar posibles soluciones a la problemática que enfrentan. El grano de avena presenta un perfil lipídico que podría preservar la calidad química de la carne, y resulta accesible conseguirlo en la zona donde se llevó a cabo el ensayo. Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el efecto de la suplementación con grano de avena *ad libitum* en animales alimentados con verdeo de sorgo, sobre parámetros productivos y económicos. El ensayo constó de dos tratamientos: dieta exclusivamente a base de sorgo forrajero (CON) vs. dieta de sorgo forrajero suplementado con grano de avena Elizabet INTA *ad libitum* (GA). En cada tratamiento se asignaron al azar cinco animales provenientes de dos establecimientos diferentes (UEPA y COOPE) y distribuidos en parcelas que correspondieron a la unidad experimental (n=4). Los parámetros evaluados fueron Peso Vivo final (PVf), Ganancia Diaria de Peso (GDP), Consumo Voluntario (CV), Eficiencia de Conversión alimenticia (ECA), Área de Ojo de Bife (AOB), Espesor de Grasa Dorsal (EGD) y tasa de incremento diaria de ambos (Δ AOB, Δ EGD), y se compararon las diferencias estadísticas entre dietas. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos en todos los indicadores analizados, excepto en AOB, Δ AOB y ECA ($P > 0,05$). El tratamiento GA obtuvo la mejor respuesta en términos productivos, no así en términos económicos, dado que el tratamiento CON alcanzó un margen económico superior (47%) a pesar de producir un 44% menos de kilos de carne (respecto del PV de faena). En GA el concentrado energético pasó a ser el componente principal de la dieta, se sugiere buscar alternativas de regulación del CV disminuyendo la ración ofrecida a través del agregado de sales, suministros diarios o limitando el tiempo de acceso al grano.

Palabras clave: Suplementación con grano de avena, carne a pasto, sorgo forrajero, Sudoeste Bonaerense.

Índice

1. Introducción.....	5
1.1 Evolución de los sistemas de producción	5
1.2 Sudoeste bonaerense: limitantes productivas.....	6
1.3 El valor de producir carne a pasto	7
1.4 Recursos forrajeros de la región	8
1.5 Suplementación estratégica para corregir desbalances nutricionales en dietas pastoriles.	11
2. Objetivos.....	14
2.1 Objetivo general.....	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. Materiales y métodos	15
3.1 Sitio experimental.....	15
3.2 Componentes de la dieta.....	16
3.2.1 Verdeo de sorgo	16
3.2.2 Grano de avena	16
3.3 Animales y tratamientos.....	17
3.4. Manejo de la alimentación	17
3.5. Determinaciones.....	19
3.5.1 Disponibilidad de biomasa aérea y remanente de forraje post pastoreo.....	19
3.5.2 Consumo de grano de avena.....	20
3.5.3 Ganancia de peso vivo y eficiencia de conversión alimenticia	20
3.5.4 Composición química de los componentes de la dieta	20
3.5.5 Ultrasonografía de carcasa	22
3.6 Diseño experimental y análisis estadístico	22
3.7 Determinación del Resultado Económico de las alternativas evaluadas.....	23
3.7.1 Determinación del Margen Bruto.....	23
3.7.2 Determinación de los Ingresos Brutos por producción	23
3.7.3 Determinación de los Costos de Producción:.....	23
4. Resultados.....	25
4.1 Análisis estadístico: ANOVA	25
4.2 Peso Vivo y Ganancia Diaria de Peso	26

4.3 Consumo Voluntario y Eficiencia de Conversión Alimenticia.....	30
4.5 Área de ojo de bife y espesor de grasa dorsal	31
4.6 Análisis económico	34
5. Discusión.....	37
5.1 Análisis productivo.....	37
5.2 Análisis económico	39
6. Conclusiones.....	41
7. Bibliografía	42

1. Introducción

1.1 Evolución de los sistemas de producción

Hasta la década de 1990 el mayor porcentaje del ganado vacuno en la Argentina se engordaba a pasto, con suplementación ocasional a base de granos de cereal. Hacia finales de la década de los 80' comenzó a popularizarse el uso de corrales de engorde (feedlot) para terminación. De este modo, se fue sustituyendo progresivamente el sistema de engorde pastoril tradicional debido a que el engorde a corral presenta mejores eficiencias de conversión alimenticias (Arelovich et al., 2011), requiere menor superficie para producir más kilogramos de carne y los animales llegan con mayor grado de engrasamiento a faena, sumado al corrimiento de la producción bovina a regiones marginales a causa de la expansión de la producción agrícola, principalmente de oleaginosas, las cuales requieren de características edafo-climáticas más exigentes.

En la actualidad coexisten tipos de terminación a corral, a pasto y a pasto con suplementación. Según datos del Censo Agropecuario Nacional del INDEC (2018), el 92% de las Explotaciones Agropecuarias (EAP) del país utiliza como método de alimentación el sistema pastoril, suplementando en un 60% de los casos, principalmente con reservas forrajeras (40% del total suplementado) y granos de cereales (36% del total suplementado); el 8% restante de las EAP terminan sus animales exclusivamente a corral, la Figura 1 representa esta realidad. Este análisis de la situación permite visualizar la importancia que tiene aún la producción de carne a pasto en los campos del territorio nacional, y el valor que cobra la suplementación dentro de los planteos productivos actuales.



Figura 1: Formas de alimentación de las EAP en la Argentina. Elaboración propia a partir de datos del Censo Nacional Agropecuario 2018, INDEC.

1.2 Sudoeste bonaerense: limitantes productivas

En nuestro país la ganadería de cría y recría queda sujeta a las regiones marginales caracterizadas por un menor régimen de precipitación y una alta variabilidad climática, con suelos someros de escasa fertilidad y principalmente susceptibilidad a la erosión eólica. Dentro de la provincia de Buenos Aires se encuentra la región denominada “pampa húmeda” que representa el 75% de los suelos que son destinados principalmente a la agricultura, el 25% restante se encuentra en la región del Sudoeste Bonaerense (Figura 2), que se caracteriza por ser una zona menos productiva, y forma parte de las regiones marginales del país por sus limitantes hídricas y edáficas (Picardi et al., 2015). La ganadería bovina es una de las principales actividades productivas de este sector de la provincia. Anteriormente predominaba la ganadería de cría, mientras que la recría y engorde estaban fuertemente vinculadas a la región de la pampa húmeda. Debido al avance de los cultivos en las zonas más aptas para la agricultura, se fue desplazando la invernada hacia los sectores marginales. En la actualidad en el sudoeste se realiza ciclo completo a través de la terminación a pasto, o con diversos tipos de suplementación en las dietas a base de pasturas; Sin embargo, uno de los desafíos que enfrentan los productores de carne a pasto de esta región es la dificultad para lograr una cadena forrajera estable en cantidad y calidad de forraje a lo largo del período de engorde, dada la variabilidad de las condiciones climáticas inherentes de la región. Por otro lado, son numerosos los trabajos que hacen referencia a la pérdida de calidad del

recurso forrajero a medida que avanza su desarrollo, y al impacto negativo que esto tiene sobre la productividad animal, ya que provoca disminuciones en el consumo voluntario de forraje y consecuentemente caídas en las ganancias diarias de peso (Alden, 1981).

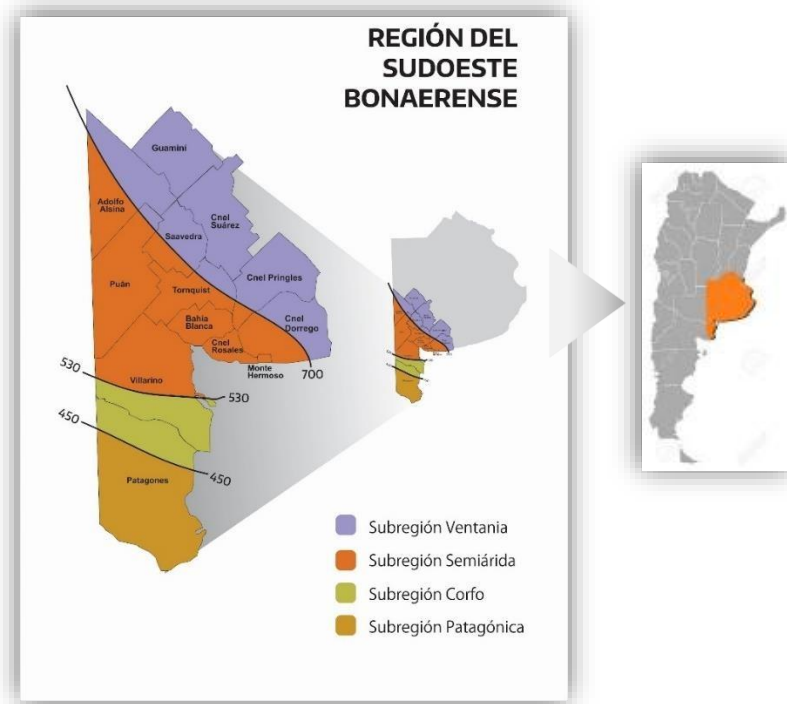


Figura 2: Sudoeste bonaerense y sus subregiones. Extraído de Plan de Desarrollo del Sudoeste bonaerense, Ministerio de Desarrollo Agrario, Provincia de Buenos Aires.

1.3 El valor de producir carne a pasto

En los últimos años se ha incrementado el interés del consumidor en conocer la calidad y composición nutricional de los alimentos que consumen. Sumado a los parámetros de rendimiento, aparece la calidad nutricional como factor importante a la hora de definir los sistemas de producción (Rearte, 2002).

La terminación de animales bajo una dieta a base de forraje tiene múltiples ventajas:

- El costo económico de producir un kilo de carne a pasto es significativamente menor que producir mediante el uso de dietas a base de grano.
- Desde el punto de vista ambiental, la producción de carne bajo un buen manejo del pastoreo tiene la capacidad de secuestrar más carbono del emitido; la

emisión de metano (CH₄) entérico es contrarrestada por la captura de carbono a través del proceso fotosintético y posterior incorporación al suelo por descomposición de biomasa aérea y biomasa de raíces y/o deposición de heces para ser incorporada como materia orgánica (Stanley et al., 2018).

- En cuanto al bienestar animal, la producción extensiva es la forma más cercana a las condiciones de vida natural de los bovinos, respetando su condición gregaria, disponibilidad de agua, alimento y sombra, sumado a un manejo adecuado de la hacienda, cumpliéndose así las *Cinco Libertades* establecidas (SENASA, 2015).
- Desde el punto de vista de la nutrición humana, estudios demuestran la superioridad de la calidad nutricional de la carne a pasto comparado con la carne terminada exclusivamente con raciones a base de granos de cereal (Daley et al., 2010).

La carne terminada a pasto posee una menor concentración de ácidos grasos saturados (AGS) que la carne producida con grano; sumado a ello, contiene una mayor proporción de ácidos grasos omega 3, con una relación omega 6: omega 3 cercana a 1, lo cual provee ciertos beneficios en la salud humana tales como antidepresivos, capacidad de prevenir enfermedades cardiovasculares y cáncer (ESFA, 2010). Este tipo de carnes también tienen un mayor contenido de precursores de la vitamina A y E y antioxidantes que ayudarían, junto con los AGPI a combatir el cáncer (Daley et al., 2010).

Por todo lo mencionado, resulta de interés regional y mundial, la revalorización de la producción de carne a pasto como producto diferencial en el mercado.

1.4 Recursos forrajeros de la región

Para poder producir carne en condiciones pastoriles es necesario contar con una planificación anual del forraje que garantice tanto calidad como cantidad suficiente de alimento. En la región del sudoeste bonaerense los verdes de invierno son recursos fundamentales, ya que producen un importante volumen de pasto, con altos niveles de proteína en la temporada invernal, donde las pasturas desaceleran su crecimiento. Este recurso suele ser destinado a cría e invernada, categorías de mayores requerimientos nutricionales, y a cosecha (cultivo doble propósito si se dan las condiciones ambientales).

El principal verdeo sembrado es avena, seguido por raigrás anual, trigo, cebada y en los últimos años triticale, por su mejor desempeño frente a la sequía. Otro recurso empleado en menor escala es la alfalfa para pastoreo directo, como recurso de alto valor nutricional en la temporada estival. Los pastizales naturales cumplen una función importante en los rodeos de cría. El maíz y sorgo diferidos son muy utilizados como recurso invernal para vacas de cría en mantenimiento (Recavarren *et al.*, 2011).

El sorgo es un recurso muy valioso dentro de la cadena forrajera, ya que, al ser una gramínea C4 produce grandes volúmenes de materia seca (MS) en la época estival, con menor consumo de agua que otros cereales de verano en su ciclo productivo. Su uso es versátil, pudiéndose utilizar como verdeo de verano en pastoreo directo, como reserva de invierno en pie (sorgo diferido), como ensilaje o grano. Además, es importante a la hora de aportar MO a estos suelos, con su gran aporte de MS a través del rastrojo y raíces, mejorando las características químicas, físicas y biológicas del suelo. Este recurso tiene gran capacidad de rebrote y buena capacidad de adaptación a situaciones de sequía, lo que lo posiciona como un verdeo para pastoreo por excelencia (Carrasco *et al.*, 2011).

El cultivo de sorgo pasa por 9 etapas de crecimiento, según la escala de Vanderlip (Universidad de Illinois). A continuación, se describe brevemente cada una de ellas (Figura 3):

- Etapa 0 -Emergencia: coleóptilo visible, ocurre 3 a 10 días post-siembra.
- Etapa 1-Estado de 3 hojas: ocurre cuando la lígula de las 3 hojas es visible, aproximadamente 10 días post-emergencia.
- Etapa 2- Etapa de las 5 hojas: se produce cuando se puede ver la lígula de la 5ta hoja emergida, se da alrededor de 3 semanas post-emergencia.
- Etapa 3- Diferenciación del punto de crecimiento: la yema apical cambia su estado de vegetativo a reproductivo y comienza a diferenciarse la panoja. En esta etapa se acelera el crecimiento de la planta, absorbiendo nutrientes de forma acelerada.
- Etapa 4- Última hoja visible: en esta etapa se ha alcanzado el 80% del área foliar.

- Etapa 5- Panoja embuchada: todas las hojas se encuentran expandidas, y comienza a subir la panoja por el interior de las hojas. Continúa el rápido crecimiento y consumo de nutrientes, etapa crítica.
- Etapa 6- 50% de floración: la mitad de las plantas florece desde la parte superior de la panoja. Desde este momento la producción de fotoasimilados se destina al grano.
- Etapa 7- Grano pastoso: consistencia pastosa del grano, rápido llenado. Hojas inferiores mueren.
- Etapa 8- Grano duro: el grano alcanza $\frac{3}{4}$ partes de su peso seco y ya no hay absorción de nutrientes.
- Etapa 9- Madurez fisiológica: se alcanza el máximo peso seco y el grano comienza a perder humedad.

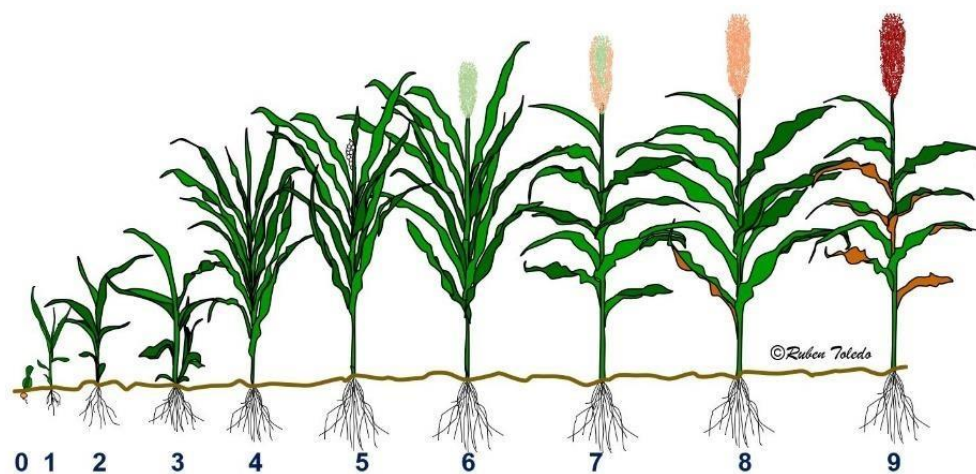


Figura 3: Etapas de crecimiento y desarrollo del sorgo, según escala de Vanderlip (1972). Extraído de Toledo, R. (2023).

Es importante conocer las etapas descritas anteriormente ya que el sorgo experimenta cambios en la composición química a lo largo de su ciclo que hacen que varíe su calidad forrajera. A medida que avanza la madurez de la planta, el valor nutricional disminuye al aumentar su contenido de fibra. A su vez se reduce la concentración de proteína bruta y la digestibilidad de la MS, como se muestra en la Figura 4 (Fassio *et al.*, 2002). En adición a lo anterior, es importante conocer los estadios

fenológicos del cultivo debido a la particularidad que tiene esta especie, ya que la ruptura celular de sus tejidos genera ácido cianhídrico (HCN), el cual actúa sobre una enzima de la respiración celular que impide la llegada de oxígeno al cuerpo y deriva en anoxia, causando la muerte de los animales por asfixia en pocos minutos (Cesar *et al.*, 2016). El mayor peligro ocurre en fases de crecimiento o rebrote, principalmente los primeros 50 días iniciales del cultivo. Es por esto que algunos autores recomiendan iniciar el pastoreo a partir de los 40 cm de altura (Carrasco *et al.*, 2011). Otros infieren que es conveniente pastorear a partir de los 75 cm (Cesar *et al.*, 2016).

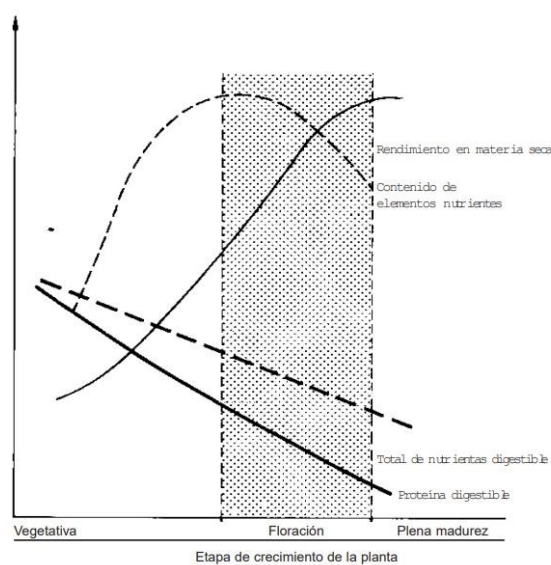


Figura 4: Evolución de la composición química de la planta en los distintos estadios. Extraído de Fassio (2002).

Según datos del Tablero forrajero del CREA, la biomasa aérea acumulada de sorgo hacia finales del ciclo de crecimiento (abril) fue en promedio de aproximadamente 4000 kg MS/ha para el período 2000-2023 en la región del Sudoeste bonaerense.

1.5 Suplementación estratégica para corregir desbalances nutricionales en dietas pastoriles.

Uno de los desafíos que enfrentan los productores de carne a pasto es como cumplir con los valores de conformación de res, cobertura de grasa y calidad de carne que demanda el mercado actual, en un contexto en el cual los requerimientos

energéticos de animales en su etapa de terminación aumentan, mientras que la calidad nutricional del forraje que consumen disminuye a medida que avanza el ciclo de crecimiento. En este marco, desde el año 2012 el INTA Bordenave viene trabajando junto a una red regional de productores, matarifes y comercializadores de carne a pasto conocida como Asociación Civil de Emprendedores de la Cadena de Carne a Pasto (FenHue) que producen, certifican y comercializan este tipo de producto. El objetivo principal es generar estrategias para mejorar la terminación de lotes de animales en pastoreo, pero a la vez preservando los atributos nutricionales que caracterizan a las carnes terminadas a pasto. La suplementación estratégica con granos de cereal podría contribuir a mejorar la terminación de los novillos alimentados en condiciones pastoriles, a través de la mejora de parámetros productivos como rendimiento y peso de res, área de ojo de bife (AOB), espesor de grasa dorsal (EGD), así como parámetros de calidad de carne.

El maíz es el cereal de mayor densidad energética y utilizado por excelencia para programas de terminación a corral. Sin embargo, su baja adaptabilidad a zonas edafoclimáticas marginales requiere que sea trasladado desde las zonas de producción, limitando su disponibilidad y restringiendo su uso masivo. Por el contrario, el grano de avena resulta atractivo como suplemento dada su facilidad de producción y abastecimiento regional, disminuyendo los costos de traslado y comercialización desde otros puntos geográficos.

El cultivo de avena resulta de gran importancia para la zona por la plasticidad que lo caracteriza, se lo puede utilizar como doble propósito (pastoreo + grano), para pastoreo directo en todos sus estadios, como reserva forrajera a través de la henificación, grano concentrado, o en la industria alimenticia humana (Marinissen, 2007).

Desde el punto de vista nutricional, la avena presenta un menor contenido energético que el maíz, pero mayor contenido de fibra, lo que reduciría la tasa de degradabilidad ruminal, disminuyendo el riesgo de generar situaciones de acidosis ruminal en los animales. Adicionalmente, este grano presenta un mayor contenido de lípidos en comparación con otros granos forrajeros, ya que presenta una alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), principalmente del tipo oleico y linoleico (Martínez *et al.*, 2010). Dentro de los distintos cultivares de avena que existen en el

mercado, se destaca el cultivar Elizabet INTA por su alto contenido de lípidos, lo que permite mejorar su densidad energética, equiparándolo con otros granos como el maíz. A su vez, su perfil lipídico presenta una alta proporción de ácido linoleico (AL), que es un importante precursor de ácidos grasos esenciales como el CLA el cual no puede ser sintetizado por el ser humano y debe ser ingerido a través de alimentos como precisamente la carne alimentada a pasto (Griinari y Bauman, 1999).

Por todo lo expuesto, se vuelve esencial evaluar la utilización del grano de avena como suplemento energético para bovinos en sistemas de terminación pastoril, en las formas y medios posibles que disponen los productores de la región del sudoeste bonaerense, de manera de que pueda ser una herramienta con posibilidades de ser adoptada. El suministro del suplemento en silos comederos autoconsumo se ha difundido en forma masiva en la región sudoeste ya que representa una estrategia viable para los productores tanto desde el punto de vista logístico como económico.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar la terminación para faena de animales alimentados exclusivamente a pasto vs. animales suplementados con grano de avena (fuente de energía) *ad libitum*.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar y evaluar el impacto de la suplementación en autoconsumo de grano de avena entero sobre: consumo, respuesta productiva, tasa de engrasamiento y características de la res en sistemas de terminación pastoril.
- Realizar un análisis económico para evaluar el costo-beneficio de la suplementación con grano de avena en autoconsumo.

3. Materiales y métodos

3.1 Sitio experimental

El ensayo se realizó en la Unidad Experimental de Producción Animal (UEPA) de la EEA INTA Bordenave, ubicado sobre la Ruta Prov. N.º 76 (km 36,5), partido de Puán, Provincia de Buenos Aires (37º 50' 55" S, 63º 01' O) (Figura 5), de acuerdo con el protocolo aprobado por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Experimentación del Centro Regional Buenos Aires Sur del INTA (CICUAE-CERBAS N°2512023).



Figura 5: Ubicación del ensayo en la EEA Bordenave. Extraído de Google Earth.

El clima de esta región es subhúmedo seco, mesotermal, con nulo o pequeño exceso de agua según la clasificación de Thornthwaite (Burgos y Vidal, 1951).

En la Figura 6 se muestran las precipitaciones a lo largo de todo el ciclo del cultivo de sorgo (oct 22-abr 23), el valor acumulado para ese período fue de 516 mm, según la estación meteorológica de INTA Bordenave.

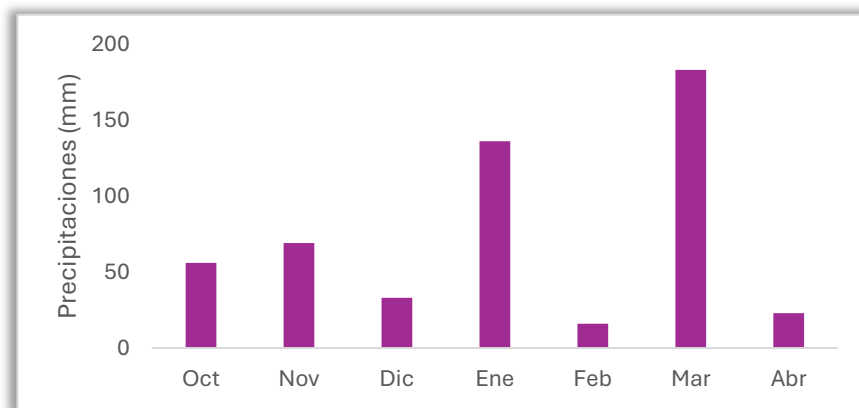


Figura 6: Precipitaciones a lo largo del ciclo del verdeo de sorgo (elaboración propia con datos meteorológicos de la EEA INTA Bordenave).

3.2 Componentes de la dieta

Los animales fueron alimentados sobre pastoreo directo de sorgo forrajero (*Sorghum sp.*) y suplementados con grano de avena (*Avena sativa*) según el tratamiento correspondiente.

3.2.1 Verdeo de sorgo

El cultivo de sorgo (*Sorghum sp.*; var. Aca 727) se implantó en siembra directa en un lote proveniente de cebada forrajera, en el cual se inició el barbecho químico el día 27 de octubre (Glifosato al 66%, 3 L/ha) La siembra del sorgo se realizó el día 16 de noviembre de 2022, junto con la aplicación de 60 kg/ha de Fosfato Diamónico (18-460). Posteriormente se realizó un control químico para el control de malezas de hoja ancha en post emergencia con 120 cc/ha de Dicamba y 2 L/ha de Atrazina. La superficie implantada fue de 10 ha y se utilizó una dosis de siembra de 12 kg/ha. Una vez implantado el cultivo, se subdividió el lote en 8 parcelas de igual superficie (40 m de ancho x 330 m de largo).

3.2.2 Grano de avena

Se utilizó grano de *avena sativa* cv. Elizabet INTA, el cual fue suministrado entero en comederos en forma *ad libitum*. Para esto, el grano fue entregado diariamente en los comederos en una cantidad tal que asegurara un remanente de al menos un 25% luego de un periodo de 24 hs. de manera de simular un sistema de suplementación de silo autoconsumo.

3.3 Animales y tratamientos

Se emplearon 40 novillos Aberdeen Angus, 20 animales provenientes de la Unidad Experimental de Producción Animal (UEPA) y 20 animales provenientes del rodeo de la Asociación Cooperadora de la EEA Bordenave (COOPE). El primer grupo inició el ensayo con un peso vivo (PV) promedio de 370 kg y espesor de grasa dorsal (EGD) de 4,65 mm, y el segundo grupo con 302 kg y 2,5 mm, respectivamente. Todos los animales fueron desparasitados con Doramectina previo a su ingreso al lote de sorgo (7 cc/animal). Posteriormente, los novillos fueron ordenados en función de su procedencia y peso inicial y agrupados en 8 grupos de 5 animales c/u, de manera que los 4 grupos COOPE y los 4 grupos UEPA tuvieran similar peso vivo promedio entre ellos. Seguidamente los 4 grupos de cada procedencia (repetición) fueron asignados aleatoriamente a cada uno de los siguientes tratamientos:

1. CON: control. Pastoreo directo de sorgo forrajero sin suplementación
2. GA: Pastoreo directo de sorgo forrajero con suplementación *ad libitum* de grano de avena entero.

De esta manera el ensayo constó de dos tratamientos con cuatro repeticiones cada uno (n=4), (2 repeticiones provenientes de UEPA y 2 repeticiones provenientes de COOPE). Los ocho grupos de animales fueron asignados para pastorear cada uno en las 8 parcelas del lote de sorgo forrajero, en un diseño simple completamente aleatorizado, en la que cada parcela representó a una unidad experimental (UE).

3.4. Manejo de la alimentación

En ambos tratamientos se realizó un pastoreo rotativo con avance frontal, utilizando hilo electro plástico para limitar la superficie de cada subparcela de sorgo. La superficie asignada a cada grupo de animales en la subparcela de sorgo fue en promedio de 300 m² a lo largo del periodo experimental, lo que represento una asignación forrajera de 14 kg/MS/animal, equivalente a 3.8% PV. Dada la condición de pastoreo *ad libitum* en ambos tratamientos, los animales fueron movidos a una nueva subparcela cuando el remanente de sorgo constituía un 25% del forraje inicial ofrecido, de manera de que la disponibilidad de forraje no fuera limitante del consumo voluntario (Figura 7 a). Esto determinó un tiempo de permanencia de 1.8 días por parcela en promedio a lo largo de

todo el periodo experimental. Cada grupo de animales tuvo acceso ilimitado al agua de bebida de forma independiente entre UE. Aquellas UE correspondientes al tratamiento GA se les suministró grano de avena entero *ad libitum* (sin limitantes al consumo) en comederos (uno por repetición), asegurándose de que luego de un período de 24 h haya quedado un remanente de al menos un 25% de grano de avena en los comederos (Figura 7 b). Previo al inicio del periodo experimental, los animales tuvieron un período de 20 días de acostumbramiento al consumo de grano de avena, comprendido desde el 10 al 29 de enero.



Figura 7: a) Novillos CON esperando su ingreso a una nueva parcela. b) Suministro diario de avena en comederos para tratamiento GA.

Luego del periodo de acostumbramiento, los novillos permanecieron 70 días dentro del ensayo (Periodo experimental: 30/01 al 11/04), debido a la finalización del ciclo de crecimiento del sorgo a causa de la primera helada otoñal.

Finalizado el periodo experimental, los animales fueron llevados a faena siguiendo el protocolo de bienestar y habiendo descansado el tiempo suficiente antes de emprender el viaje. La carga de animales fue pacífica, y se garantizó el espacio entre animales dentro del transporte con instalaciones adecuadas y autorizadas por SENASA (De la Sota, 2005), arribaron al frigorífico Incob en la ciudad de Bahía Blanca, para su posterior comercialización.

3.5. Determinaciones

3.5.1 Disponibilidad de biomasa aérea y remanente de forraje post pastoreo

La determinación de la disponibilidad de forraje se realizó en tres momentos distintos a lo largo del periodo experimental (7/2, 7/3 y 29/3). Cada muestreo constó de 5 submuestras (5 m² c/u) dentro de cada unidad experimental (Figura 8 a), las cuales fueron cortadas a una altura de 5 cm utilizando una motoguadañadora marca Pavicich (Figura 8 b). Inmediatamente después del corte se determinó el peso fresco de cada submuestra y se extrajo una porción del forraje (Figura 8 c) para posterior determinación del porcentaje de MS en estufa de aire forzado (60°C). La disponibilidad de MS de cada unidad experimental en cada fecha de muestreo fue estimada a partir del promedio de materia seca de las 5 submuestras colectadas.

Una vez que los animales fueron movidos a una nueva parcela, se procedió a tomar 5 muestras del forraje remanente en cada unidad experimental, siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente. La desaparición de biomasa aérea fue posteriormente determinada por diferencia entre la materia seca disponible y remanente para el grupo de 5 animales presentes en cada unidad experimental. Se calculó el promedio de todos los datos obtenidos para estimar el CV diario de cada animal dentro de cada UE.



Figura 8: Estimación del consumo de sorgo a campo: a) Medición de las subparcelas de 5m². b) Corte de forraje con cegadora. c) Recolección de biomasa para posterior determinación de MS.

3.5.2 Consumo de grano de avena

Se realizaron tres periodos de evaluación del consumo de grano en simultáneo con la determinación de disponibilidad y remanente de forraje de sorgo (Figura 9 a y b). En cada periodo de evaluación se pesó la oferta y el remanente de grano de avena en forma diaria durante 5 días consecutivos. El consumo diario de grano se calculó por diferencia entre ofrecido y remanente y se estimó el promedio semanal para el grupo de 5 animales de cada unidad experimental.



Figura 9: a) Suministro de grano en comederos *ad libitum*. b) Recolección de remanente de grano para estimación de consumo voluntario

3.5.3 Ganancia de peso vivo y eficiencia de conversión alimenticia

Se realizaron tres pesadas a lo largo de todo el periodo experimental a todos los animales con báscula individual para determinar la ganancia diaria de peso (GDP). Cada pesada se realizó a partir de las 9:00 AM con desbaste previo de 18hs, con acceso a fuente de agua. La eficiencia de conversión alimenticia (ECA) se determinó a partir del cociente entre el consumo de MS y la GDP.

3.5.4 Composición química de los componentes de la dieta

A lo largo del período experimental se realizaron 3 muestreos para evaluar la composición química del forraje. Se tomaron muestras de biomasa aérea para cada unidad experimental mediante la técnica de “*hand plucking*” (Wallis de Vries, 1995),

previo al ingreso de los animales a una nueva parcela. La intención de utilizar esta técnica radica en imitar la selección de las partes de la planta que consume el animal.

Las muestras recolectadas se colocaron en bolsas plásticas, se pesaron y se secaron a estufa de aire forzado hasta peso constante. Posteriormente el material seco se molió con un molino Wiley (modelo 4, Thomas Scientific, Swedesboro, NJ) a través de un tamiz de 1 mm. Simultáneamente se tomó una muestra del grano de avena suministrado a los animales del tratamiento GA. De la misma manera las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado previo a realizar los análisis correspondientes.

A continuación, se detallan las determinaciones analíticas realizadas sobre las muestras de forrajes y el grano de avena:

- Proteína bruta (PB) por técnica semi-micro Kjeldahl transformando el N obtenido en PB mediante el factor 6,25 (AOAC, 2000).
- Carbohidratos no estructurales solubles (CNES) (McDonald and Henderson, 1964).
- Fibra en Detergente Neutro (FDN), Fibra en Detergente Ácido (FDA) y Lignina en Detergente Ácido (LDAs), metodología según Van Soest and Robertson (1980). Método secuencial, utilizando un extractor de fibra Ankom 200 (Ankom Technologies, Fairport, NY).
- Digestibilidad “in vitro” de la MS (DIVMS), metodología Ankom según la técnica modificada de Tilley and Terry (1963).

A continuación, se muestran los valores obtenidos del análisis de sorgo y del análisis de avena (Tabla 1).

Tabla 1: Resultados obtenidos del análisis de calidad nutricional de sorgo forrajero según fecha de corte y grano de avena Elizabet INTA.

Alimento	%MS	% PB	%FDN	%FDA	%LDAs	% DMS	EM (Mcal/kg)	% CNES
Sorgo 7/2/23 (floración)	26,58	6,96	68,54	30,27	3,94	64,52	2,33	11,71
Sorgo 7/3/23 (grano pastoso)	38,78	7,05	56,93	27,96	6,04	64,42	2,33	7,96
Sorgo 29/3/23 (rebrote vegetativo)	21,35	8,43	65,68	31,86	5,15	69,22	2,50	7,74
Avena	92,50	13,59	32,11	17,39	5,42	69,78	2,52	1,49

(MS: materia seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra en detergente neutro; LDAs: lignina detergente ácido; DIVMS: digestibilidad "in vitro" de la materia seca; CNES: carbohidratos no estructurales solubles.)

3.5.5 Ultrasonografía de carcasa

Se realizaron mediciones ultrasonográficas para la determinación del área de ojo de bife (cm²) y espesor de grasa dorsal (mm) sobre el músculo *longissimus dorsi* a la altura de la 12va y 13va costilla, en el costado izquierdo del animal, a 2,5 cm de la línea media dorsal, mediante el uso de un ecógrafo equipado con un transductor de 3,5 MHZ y una sonda lineal de 17 cm. Estas determinaciones fueron realizadas al inicio y final del período experimental. La tasa de crecimiento de cada tejido fue calculada como: [valor final e inicial (AOB: cm² o EGD: mm)]/ duración del período experimental (días) la diferencia entre el valor final e inicial dividido por la duración del periodo experimental.

3.6 Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental correspondió a un análisis factorial 2x2 en el cuál un factor fue el tratamiento asignado (CON y GA) y el otro factor el tipo de animal (COOPE y UEPA). La unidad experimental fue la parcela asignada a cada tratamiento al azar (n=4), la cual alojaba 5 animales cada una.

El análisis estadístico consistió en un ANOVA doble *tratamiento x animal*. Cuando se observaron diferencias significativas, las medias se compararon mediante test LSD de Fisher (alfa=0,05).

3.7 Determinación del Resultado Económico de las alternativas evaluadas

Se calcularon los márgenes brutos de ambas alternativas evaluadas según bases metodológicas normalizadas en AACREA, (1990) y Guida Daza et al. (2009), como se detalla a continuación.

3.7.1 Determinación del Margen Bruto

El Margen Bruto se determinó a partir de la diferencia de los Ingresos Brutos por producción y los Costos Directos

$$\text{Margen Bruto (U\$)} = \text{Ingresos Brutos por producción (U\$)} - \text{Costos Directos (U\$)}$$

3.7.2 Determinación de los Ingresos Brutos por producción

Los ingresos brutos se calcularon a partir del nivel de producción y el precio del producto:

$$\text{Ingresos Brutos por producción (U\$)} = \text{Producción peso vivo (kg)} \times \text{precio de venta (U\$/kg)}$$

En este estudio se utilizaron solamente los Ingresos Brutos por producción, ya que no resultaba de interés evaluar el impacto de los gastos de comercialización, por ser un evento posterior al estudiado

3.7.3 Determinación de los Costos de Producción:

Los costos directos de producción fueron determinados por la sumatoria exclusivamente de los de los gastos directos ya que las alternativas involucraron amortizaciones directas.

Los gastos directos estuvieron conformados por los costos de implantación, protección y mantenimiento de los recursos forrajeros, el suplemento utilizado, el control sanitario y remuneración del personal.

El análisis fue realizado en base a los precios corrientes promedios al 30/6/2024, expresados en dólar libre (U\$) cotización Ámbito financiero. Los productos e insumos con cotización en Pesos (\$) se convirtieron a esta moneda (U\$) según la tasa de cambio tipo vendedor de dicha cotización. Los precios de los productos y los gastos de

comercialización fueron netos (sin IVA) y se obtuvieron de información recabada de sitios web agropecuarios de referencia reconocida.

4. Resultados

4.1 Análisis estadístico: ANOVA

En la Tabla 2 se muestran los resultados del análisis estadístico realizado en Infostat para todos los parámetros productivos evaluados según tratamiento, tipo de animal e interacción entre ambos.

Tabla 2: Significancia de los factores analizados mediante ANOVA.

Variable	Tratamiento	Tipo de Animal	Tratamiento*animal
PV inicial (kg)	NS	**	NS
PV final (kg)	**	**	NS
GDP promedio (kg)	**	NS	NS
CV (kg MS/an/d)	**	NS	NS
CV (%PV)	**	NS	NS
ECA	NS	NS	NS
AOB inicial (cm ²)	NS	**	NS
AOB final (cm ²)	NS	*	NS
Δ AOB (cm ² /d)	NS	NS	NS
EGD inicial (mm)	NS	**	NS
EGD final (mm)	*	**	NS
Δ EGD (mm/d)	**	NS	NS

*: p valor <0,05; **: p valor <0,01; NS: No Significativo.

PV inicial: Peso Vivo inicial; PV final: Peso Vivo final; GDP prom: Ganancia Diaria de Peso promedio; CV: Consumo voluntario; ECA: Eficiencia de Conversión Alimenticia; AOB: Área de Ojo de Bife, ΔAOB: tasa de incremento del Área de Ojo de bife; EGD: Espesor de Grasa dorsal; ΔEGD: tasa de incremento del Espesor de Grasa Dorsal.

En la Tabla 3 se muestran, a modo de resumen, los valores obtenidos de las mediciones realizadas a lo largo del ensayo y sus respectivos desvíos estándar (D.E.).

Tabla 3: Parámetros productivos del ensayo.

Variable	CON	D.E. CON	GA	D.E. GA
PV inicial (kg)	328,25	45,36	343,80	34,54
PV final (kg)	373,65	39,74	440,25	24,68
PVf-PVi (kg)	45,40	12,67	96,45	10,44
GDP prom. (kg)	0,60	0,14	1,38	0,15
CV Sorgo (kg MS/an/d)	6,98	0,53	4,18	1,30
CV Avena (kg MS/an/d)	-	-	7,78	0,57
CV (kg MS/an/d)	6,98	0,53	11,95	0,97
CV Sorgo (%PV)	2,06	0,27	1,08	0,33
CV Avena (%PV)	-	-	1,94	0,18
CV (%PV)	2,06	0,27	3,02	0,34
ECA	10,58	4,56	9,04	0,80
AOB inicial (cm ²)	51,32	9,14	54,67	7,78
AOB final (cm ²)	62,27	13,26	69,50	7,08
Δ AOB (cm ² /d)	0,13	0,08	0,18	0,03
EGD inicial (mm)	3,69	1,26	3,50	1,28
EGD final (mm)	4,23	1,21	5,80	1,21
Δ EGD (mm/d)	0,01	0,00	0,03	0,00

PV inicial: Peso Vivo inicial; PV final: Peso Vivo final; PVf-PVi: Peso Vivo final menos Peso vivo inicial; GDP prom: Ganancia Diaria de Peso promedio; CV: Consumo voluntario; ECA: Eficiencia de Conversión Alimenticia; AOB: Área de Ojo de Bife, ΔAOB: tasa de incremento del Área de Ojo de bife; EGD: Espesor de Grasa dorsal; ΔEGD: tasa de incremento del Espesor de Grasa Dorsal; D.E.: Desvío estándar.

4.2 Peso Vivo y Ganancia Diaria de Peso

No hubo interacciones entre tratamiento y tipo de animal para PV ($P=0,1650$) ni GDP ($P= 0,2292$). Los animales comenzaron el ensayo sin diferencias significativas en el PV entre tratamientos ($P= 0,6051$). El PV final luego del periodo experimental fue mayor ($P<0,01$) en el tratamiento GA (442 kg) que en el tratamiento CON (383 kg). (Figura

10). Con respecto al tipo de animal, el PV inicial (370 vs. 301 kg) y final (433 vs. 380 kg) fue mayor ($P < 0,01$) en los animales pertenecientes a UEPA con respecto a los animales COOPE, respectivamente. (Figura 11).

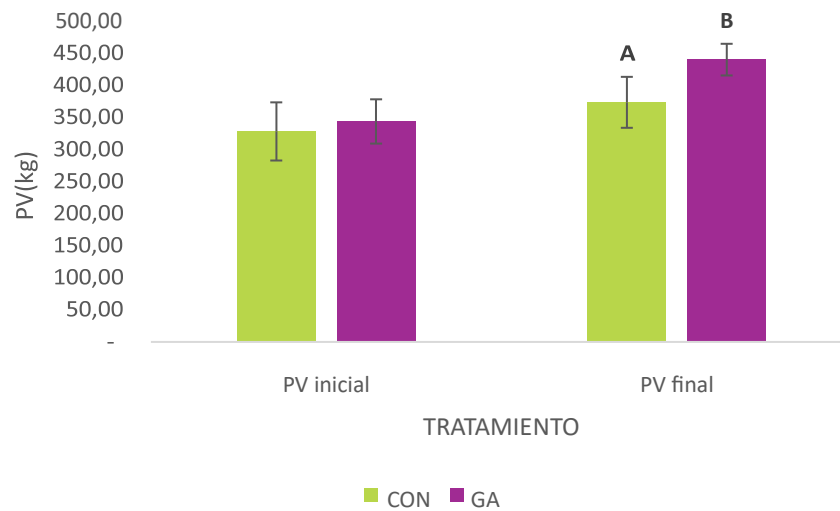


Figura 10: Peso vivo final y diferencia entre peso vivo final e inicial para cada tratamiento, expresado en kilogramos. Los valores son medias + desvío estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$), ausencia de letras indica que no hay diferencias significativas.

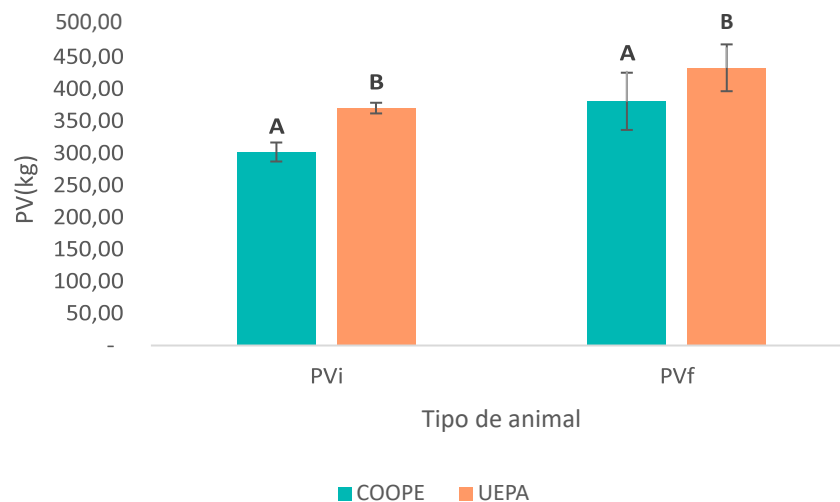


Figura 11: Peso vivo final y diferencia entre peso vivo final e inicial para cada tipo de animal, expresado en kilogramos. Los valores son medias + desvío estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$), ausencia de letras indica que no hay diferencias significativas.

La Figura 12 muestra la evolución del PV de los 4 grupos a lo largo del período del ensayo. Se observó que los animales suplementados con avena tuvieron aumentos del PV más marcados (113% más entre el inicio y el final del ensayo) que aquellos que solo consumieron sorgo. A su vez, los animales provenientes de UEPA mantuvieron un mayor ritmo de crecimiento, a excepción del último periodo entre pesadas que se observó que los novillos provenientes de COOPE con tratamiento GA superaron el PV de los novillos UEPA con tratamiento CON (Figura 12).

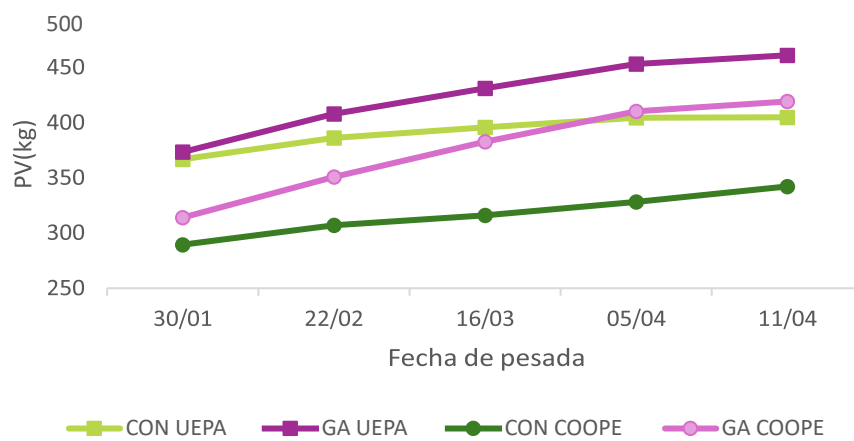


Figura 12: Evolución del peso vivo a lo largo del ensayo para cada tratamiento y tipo de animal.

La GDP promedio de todo el ensayo mostró diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre tratamientos, siendo marcadamente superior la ganancia diaria en los animales suplementados con avena (1,32 kg/an/d) respecto de los alimentados con sorgo (0,73 kg/an/d). (Figura 13).

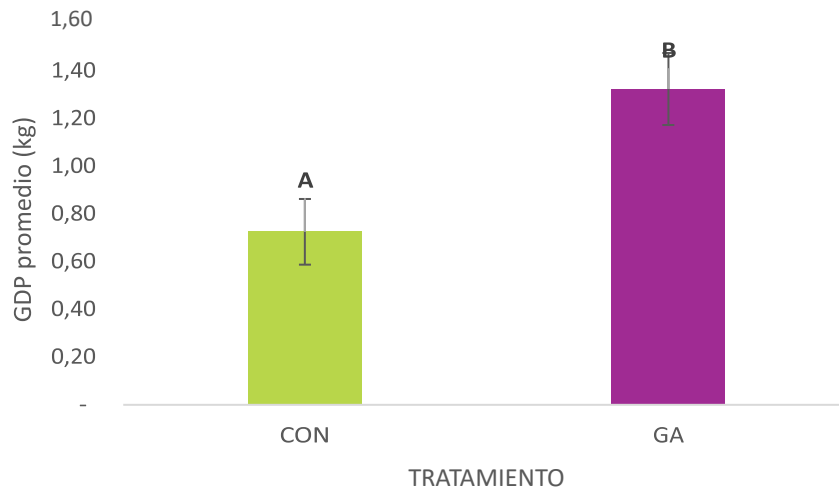


Figura 13: Ganancia diaria de peso promedio según tratamiento, expresado en kilogramos. Los valores son medias + desvío estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,01$), ausencia de letras indica que no hay diferencias significativas.

La figura 14 muestra la evolución de la GDP de los animales a lo largo de todo el ensayo para los 4 grupos. Se observó mayor ganancia en aquellos que consumieron sorgo + avena para todos los periodos estimados. Sin embargo, se observa que el ritmo de ganancia de peso disminuyó a partir del segundo periodo de medición (23/2 al 15/3) y desde ese momento se mantuvieron relativamente estables hasta la finalización del ensayo.

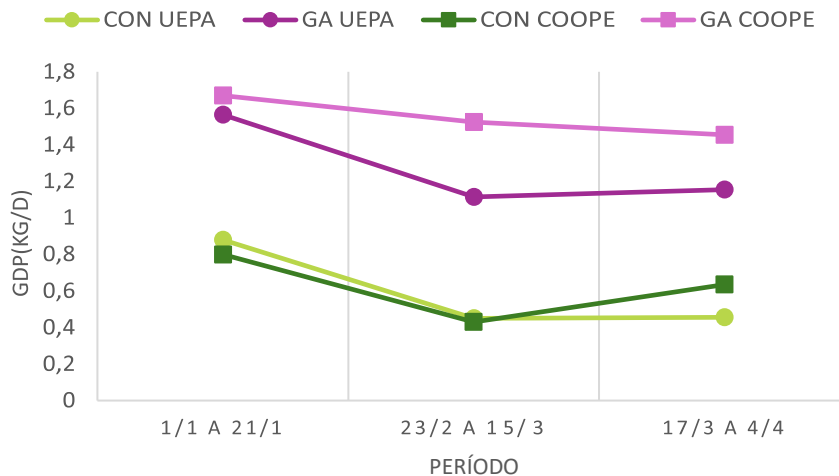


Figura 14: Evolución de la ganancia diaria de peso para cada tratamiento y tipo de animal, expresado en kilogramos por día.

4.3 Consumo Voluntario y Eficiencia de Conversión Alimenticia

No se hallaron interacciones *tratamiento x tipo de animal* para CV ($P=0,7336$) ni para ECA ($P=0,3345$).

El consumo voluntario (CV) promedio de las tres mediciones realizadas fue mayor ($P<0,05$) en el tratamiento GA (3,02% PV) respecto al tratamiento control (2,06% PV). Por otro lado, los animales del tratamiento GA consumieron grano de avena a razón del 2% PV y sorgo forrajero 1% PV. No se observaron diferencias significativas en la ECA ($P=0,5079$), sin embargo, la variabilidad de los valores, dentro del tratamiento CON fue muy grande como para sacar conclusiones contundentes (Figura 15).

En cuanto al tipo de animal (UEPA y COOPE) no hubo diferencias significativas ($P=0,8570$) para CV ni para ECA ($P=0,2321$).

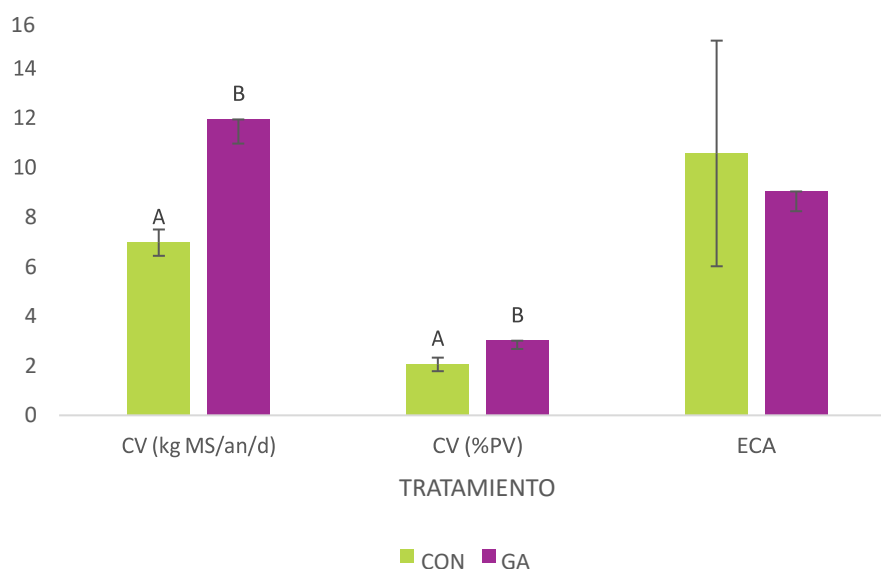


Figura 15: Consumo voluntario expresado en kilogramos de MS por animal por día y como porcentaje del PV. Eficiencia de conversión alimenticia (kilogramos de alimento consumidos para ganar un kilogramo de carne). Los valores son medias + desvío estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P<0,05$), ausencia de letras indica que no hay diferencias significativas.

La figura 16 muestra la composición del CV del tratamiento GA, los animales consumieron 7,78 kg (1,94% PV) de grano y 4,18 kg (1,08% PV) de verdeo.

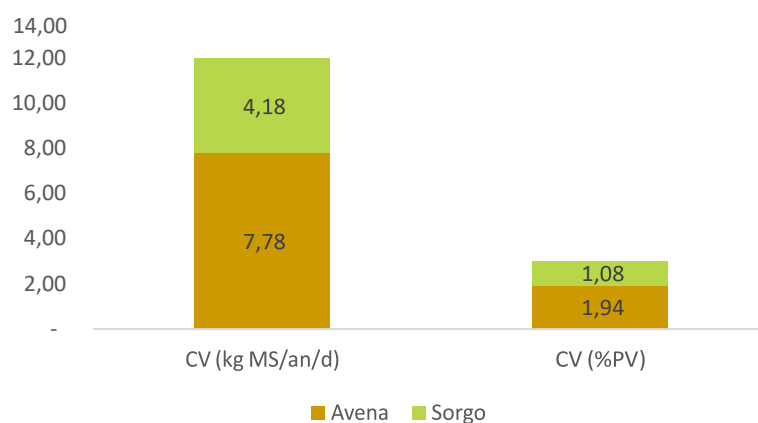


Figura 16: Consumo voluntario del tratamiento GA, como kg de grano y verdeo y como porcentaje del peso vivo.

4.5 Área de ojo de bife y espesor de grasa dorsal

No se hallaron interacciones entre *tratamiento x tipo de animal* para AOB final ($P=0,4024$), tasa de crecimiento de AOB ($P= 0,6695$), EGD final ($P= 0,2634$) y tasa de crecimiento de EGD ($P=0,1494$).

No se observaron diferencias significativas entre ambos tratamientos tanto para AOB final ($P=0,1594$) (Figura 17) y tasa de crecimiento del AOB ($P=3866$) (Figura 18). Se observa una tendencia a que GA presentó mayor AOB, pero la gran variabilidad en el tratamiento CON elimina las diferencias estadísticas.

La tasa de crecimiento de AOB fue de $0,13 \text{ cm}^2/\text{día}$ para CON y de $0,18 \text{ cm}^2/\text{día}$ para GA y el AOB final fue de $62,7$ y $69,5 \text{ cm}^2$ (Figura 18).

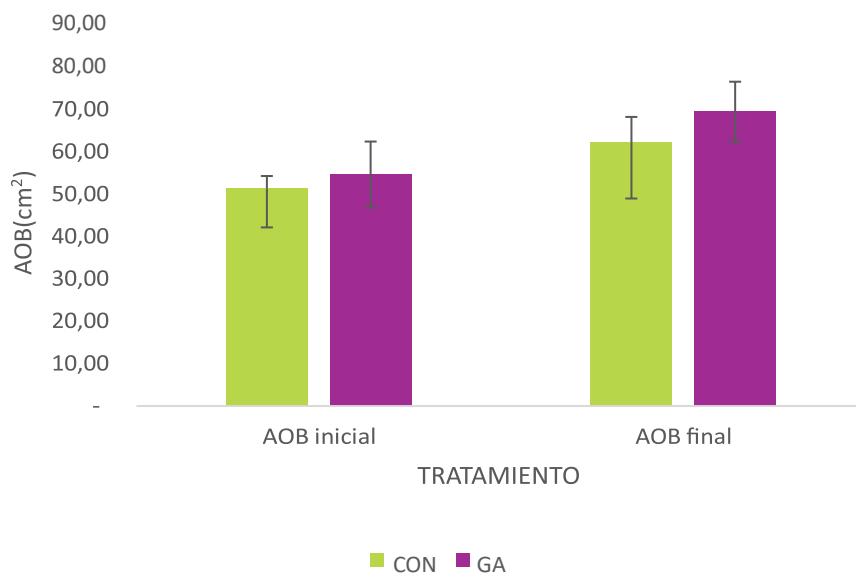


Figura 17: Área de Ojo de Bife inicial y final, expresado en cm² para cada tratamiento. Los valores son medias + desvío estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0,05), ausencia de letras indica que no hay diferencias significativas.

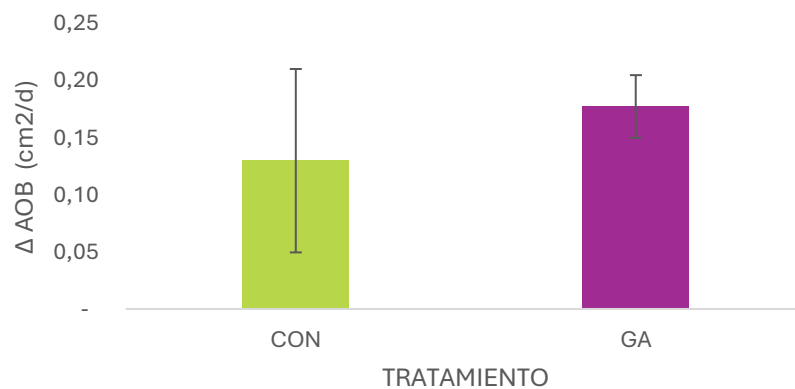


Figura 18: Tasa de incremento del Área de Ojo de Bife, expresada en cm² por día, para cada tratamiento. Los valores son medias + desvío estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0,05), ausencia de letras indica que no hay diferencias significativas.

En cuanto al EGD al inicio del periodo experimental fue similar entre tratamientos (P=1363), sin embargo el EGD final fue mayor (P<0,01) para el tratamiento GA (5,8 mm) con relación al tratamiento Control (4,23 mm) (Figura 19). De la misma manera la tasa

de engrasamiento diario fue superior ($P < 0,01$) para el tratamiento suplementado con grano de avena (GA= 0,03; CON=0,01). (Figura 20).

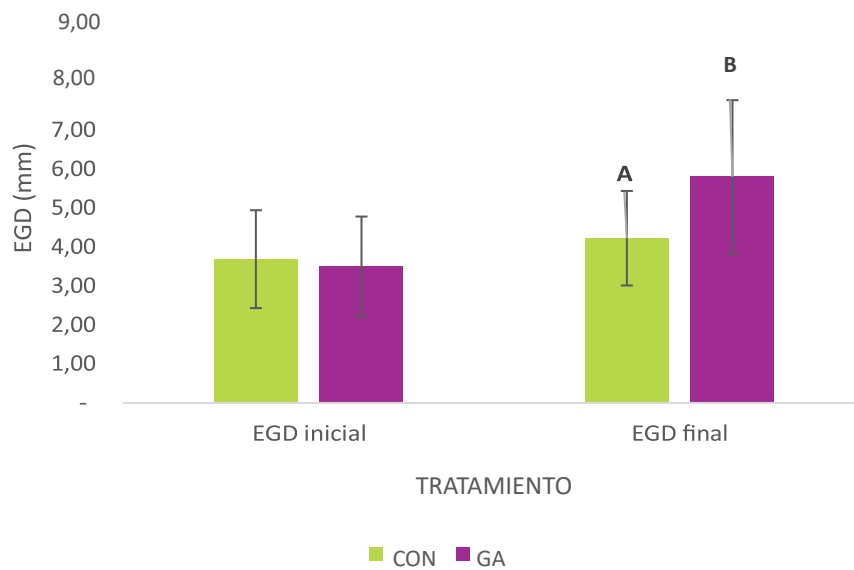


Figura 19: Espesor de Grasa Dorsal inicial y final, expresado en mm para cada tratamiento. Los valores son medias + desvío estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,01$), ausencia de letras indica que no hay diferencias significativas.

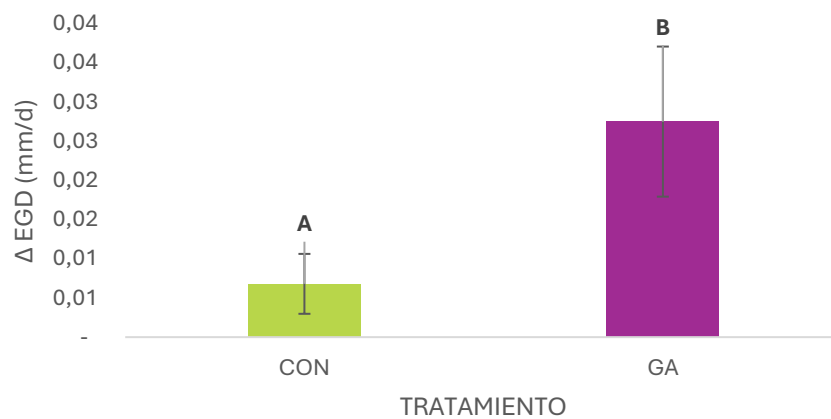


Figura 20: Tasa de incremento del Espesor de Grasa Dorsal, expresada en mm por día, para cada tratamiento. Los valores son medias + desvío estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,01$), ausencia de letras indica que no hay diferencias significativas.

4.6 Análisis económico

El margen económico para el tratamiento CON dio un valor de 35 U\$ por animal y de 0,1 U\$ expresado por kg de PV. En la tabla 4 se pueden ver estos resultados.

Tabla 4: Costos directos y Margen bruto del tratamiento CON.

COSTOS DIRECTOS	CON				
	Cantidad	U\$ unidad	U\$ Totales	U\$/An.	U\$/Kg
Avena (Kg MS)	0			0	0
Verdeo de Sorgo (Kg MS)	9.772	0,09	839,69	41,98	0,11
Mano de Obra (unidad jornal/an/día)	1.400	0,04	53,76	2,69	0,01
Sanidad (dosis de Doramectina)	20	0,45	9	0,45	0
Entrada animales (kg totales)	6.565	1,76	11.554	577,7	1,55
Total			1245 7	622,8	1, 7
INGRESOS BRUTOS					
Salida animales (kg totales)	7473	1,76	13152,5	657,62	1,8
MARGEN (previos costos comercialización)			695,6	34,8	0,09

U\$ unidad: valor en dólares del costo unitario; U\$ totales: valor en dólares del costo total para 20 animales; U\$/an: valor en dólares del costo por animal; U\$/kg: valor en dólares del costo por kilogramo de Peso Vivo del animal.

En la Figura 21 se observa que el sorgo representó un 7% de los costos de producción de carne, ocupando el segundo lugar después del valor de adquisición de los animales.

El margen económico para el tratamiento GA dio un valor de 22 U\$ por animal y de 0,05 U\$ por kg de PV. En la tabla 5 se pueden ver estos resultados.

Tabla 5: Costos directos y Margen bruto del tratamiento GA.

GA					
COSTOS DIRECTOS	Cantidad	U\$ unidad	U\$ Totales	U\$/An.	U\$/Kg
Avena (Kg MS)	10.892,00	0,22	2.396,24	119,81	0,27
Verdeo de Sorgo (Kg MS)	5.852,00	0,09	502,85	25,14	0,06
Mano de Obra (unidad jornal/an/día)	1.400,00	0,04	53,76	2,69	0,01
Sanidad (dosis de Doramectina)	20,00	0,45	9,00	0,45	0,00
Entrada animales (kg totales)	6.876,00	1,76	12.101,76	605,09	1,37
Total			15.063,61	753,18	1,71
INGRESOS BRUTOS					
Salida animales (kg totales)	8805	1,76	15496,8	774,84	1,76
MARGEN (previo costos comercialización)			433,2	21,7	0,05

U\$ unidad: valor en dólares del costo unitario; U\$ totales: valor en dólares del costo total para 20 animales; U\$/an: valor en dólares del costo por animal; U\$/kg: valor en dólares del costo por kilogramo de Peso Vivo del animal.

El costo del grano de avena, según el valor de mercado, representó el 16% de los costos de producción, ocupando el segundo puesto y en tercer lugar el verdeo de sorgo con 3% (Figura 22).

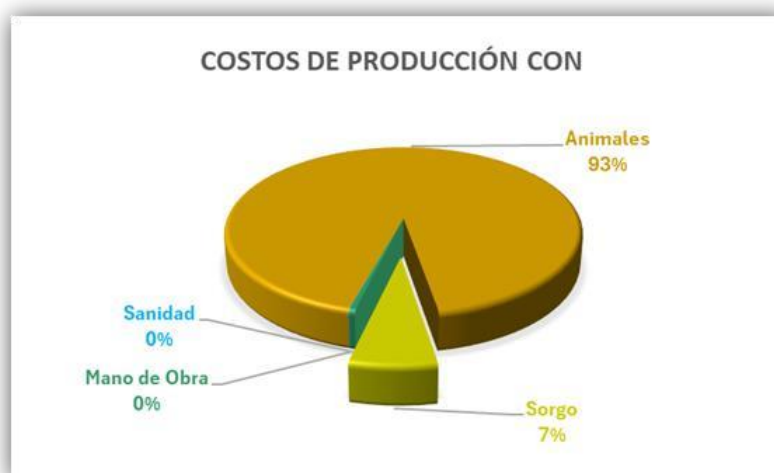


Figura 19: Costos de producción del tratamiento CON, el verdeo ocupa el segundo lugar.



Figura 20: Costos de producción del tratamiento GA, el grano ocupa el segundo lugar y el verdeo el tercer lugar.

5. Discusión

5.1 Análisis productivo

Para PV final los resultados obtenidos concuerdan con lo esperado para ambos tratamientos (NASEM, 2016). Se demostró que el tratamiento GA mejoró el PV de faena.

En cuanto al CV, se observó que los animales del tratamiento GA sustituyeron gran parte del consumo de sorgo por avena, y a su vez aumentaron el CV total. Según Dixon y Stockdale (1999), la suplementación reduce consecuentemente el consumo de forraje mediante el *efecto de sustitución*. Se realizó el cálculo de tasa de sustitución (TS), para estimar la reducción del consumo de forraje por unidad de consumo del suplemento, y el valor arrojado fue de 0,36. Esto indica que hubo sustitución más adición, ya que el consumo de forraje cayó, pero aumentó el de MS total (Colombatto *et al.*, 2011), mejorando las ganancias de peso individuales (De León, 2005). Observando los valores de CV expresados como % del peso vivo, se puede inferir que en el tratamiento GA el grano de avena pasó a convertirse en el componente principal de la dieta.

La GDP en animales CON coincidió con otros trabajos, donde se obtuvieron ganancias similares a partir del consumo de sorgo como forraje fresco (Fernández Mayer, *et al.* 2014; Vaz Martins, 2000). Elizalde (2003) comparó 55 trabajos donde se suplementó forraje de alta calidad con concentrados energético-proteicos, las GDP alcanzadas suplementando a razón de 2% del PV fueron análogas a las ganancias obtenidas en el tratamiento GA.

Algunos autores encontraron que mayores GDP mejoran la terneza (Fishell *et al.*, 1985, Santini *et al.*, 2003). Esto se relaciona con la actividad de las enzimas responsables de la degradación de fibras musculares debido a la alta velocidad de recambio de estas, que influyen en la terneza final de la carne (Santini *et al.*, 2003). Desde el punto de vista de calidad comercial del producto final, los animales GA pudieron haber presentado mayor terneza, un atributo muy valorado por el mercado.

De acuerdo con la Tabla de Requerimientos Diarios de Bovinos de Carne (NASEM, 2016) y las GDP para los PV promedio obtenidos (CON: 0,73 kg/an/d, 351 kg; GA: 1,32

kg/an/d, 392 kg) y habiendo realizado interpolación de valores, se obtuvo la demanda energética y proteica para cada grupo de animales, y se estimó el aporte de nutrientes de cada alimento y para cada estadio del sorgo, a partir del CV y el análisis químico realizado.

El CV de MS del tratamiento CON aportó 6,24 Mcal/d de Energía Neta de mantenimiento (ENm) y 2,33 Mcal/d de Energía Neta de ganancia (ENg). Según los requerimientos de la categoría animal evaluada, los aportes energéticos no fueron cubiertos para el periodo en el cual el sorgo se encontraba en floración y grano pastoso. Sin embargo, la GDP fue similar a la estimada por tabla. Esto pudo deberse a que los animales previamente al ingreso a la pastura de sorgo mantuvieron una restricción alimenticia que provocó un crecimiento compensatorio al inicio del ensayo. En rebrote vegetativo, la pastura aportó la energía necesaria para mantenimiento y 3,08 Mcal ENg, valor suficiente para lograr la GDP real. El CV total de la dieta (sorgo + avena) del tratamiento GA aportó 6,89 Mcal/d de Energía Neta de mantenimiento (ENm) y 4,01 Mcal/d de ENg en las etapas de floración y grano pastoso sin haber cubierto el requerimiento del animal para floración y grano pastoso, pero obteniendo las GDP esperadas. Cuando el sorgo se encontraba en rebrote vegetativo también se cubrieron los requerimientos para el mantenimiento del animal, no así para la ganancia de peso real que obtuvo cada animal (solo 4,11 Mcal ENg).

El aporte de proteína en CON no cubrió los requerimientos de los bovinos, caso contrario, GA superó la demanda gracias al mayor nivel de avena en la dieta y el mayor contenido proteico en el grano (13,5% PB).

En el tratamiento GA el aporte adicional de PB por parte del grano cumplió con los requerimientos de este nutriente para la GDP que tuvieron los novillos. Colombatto y Antía (2011) afirman que un consumo de proteína mayor al 0,1% PV en el suplemento mejora las GDP, y los resultados de este trabajo así lo expresaron. A medida que aumenta el consumo de proteína en la dieta, aumenta la microflora ruminal y consecuentemente, la digestibilidad y tasa de pasaje que se traduce en un aumento del CV (Haro, 2012); el tratamiento CON no cubrió los requerimientos proteicos del animal (solo cubrió el 65%), esto pudo limitar la ganancia de peso. Para la terminación de novillos con pastura de sorgo esto sería un problema, ya que los verdeos megatérmicos a medida que avanzan

en su estadio fenológico aumentan la proporción de fibra y disminuyen la proporción de proteína (Colombatto, *et al.* 2011; Fassio 2002). Por lo tanto, una estrategia adecuada sería la suplementación proteica.

La ECA no mostró diferencias estadísticas para los dos tratamientos analizados, pero el tratamiento CON presentó gran variabilidad entre animales del mismo tratamiento a diferencia de GA que la eficiencia no fue tan variable. Lo antes mencionado da a entender que, si bien no se detectaron diferencias entre tratamientos, si la hubo entre animales, por lo tanto, no se pueden sacar conclusiones contundentes sobre este parámetro. La utilización de mayor número de animales podría mejorar la variabilidad de los datos. Sin embargo, se observa una tendencia a que el tratamiento GA presentó mejor ECA, con valores mucho más estables entre animales.

No hubo diferencias por tratamiento para AOB, contrario a trabajos como los de Neel *et al.* (2007) y Duckett *et al.* (2013) que si reportan diferencias para este parámetro medido entre dietas con concentrados energéticos vs. dietas pastoriles. Pordomingo (2017) encontró diferencias atribuibles a la edad, pero no al tipo de alimentación. Los tres trabajos citados coinciden con los resultados expresados en este ensayo para EGD, donde sí se hallaron diferencias estadísticas entre dietas, habiendo resultado un mayor grado de engrasamiento en aquellos animales que incorporaron grano. El grado de terminación para GA (EGD: 5,8 mm) fue cercano al demandado por el mercado (6 a 8 mm), mientras que CON no llegó al valor objetivo en el mismo período de tiempo. En estos dos factores evaluados sí se encontraron diferencias entre tipo de animal (COOPE y UEPA), los animales iniciaron y finalizaron el ensayo con diferencias en AOB y EGD, esto se pudo deber a que no se observaron diferencias entre tratamientos para AOB promedio. EL análisis estadístico no fue suficientemente robusto debido a la gran variabilidad dentro de los tratamientos.

5.2 Análisis económico

El análisis económico reveló que el tratamiento CON mostró un margen superior al tratamiento GA en la producción de carne alimentada con sorgo. A pesar de que el tratamiento GA demostró un rendimiento productivo un 44,7% mayor en términos de

cantidad de carne producida, el tratamiento CON resultó ser más rentable económicamente, con un margen bruto superior en un 47,2%. Este resultado se debió principalmente a que el costo de producción por kilogramo de carne utilizando verdeo de sorgo como único componente de la dieta, fue significativamente inferior en el tratamiento CON en comparación con el tratamiento GA, que incluía suplementación con grano de avena. Además, se observó que el CV de la avena fue más alto de lo previsto, lo cual afectó la rentabilidad del tratamiento GA. Según el trabajo realizado por Carbonell y colaboradores (2022), donde se evaluaron distintos niveles de suplementación energético-proteica desde 0,25% hasta 3% PV mediante simulación productivo-económica sobre algoritmos CSIRO (2007), y su resultado económico en un rodeo de invernada, el mayor beneficio económico-productivo se obtuvo a partir de suplementar a razón del 1,25% PV y, en segundo lugar, los animales no suplementados, para un año de precios promedio, aunque para un año de precios bajos el segundo mostró la mejor respuesta económica, debido a que se libera de costos de suplementación en contextos económicos adverso de la relación insumo producto.

Estos hallazgos resaltan la importancia de optimizar también la relación costo/beneficio a partir de la eficiencia en los costos de producción en relación con los ingresos económicos. Incluso si ello implica un menor nivel de producción de carne de forma coyuntural. El alto valor de mercado de la avena y su alto CV repercutió en una ración más costosa para engordar animales que no pudo ser compensada por las mayores GDP observadas en este tratamiento. Posiblemente en otro año con distintas relaciones de precio o menores niveles de suplementación pueda ser un tratamiento interesante a tener en cuenta.

6. Conclusiones

El trabajo realizado en este ensayo demostró, mediante todos los parámetros productivos evaluados, que la suplementación estratégica con avena *ad libitum* en bovinos alimentados bajo un sistema pastoril mejoraron las GDP, peso final y el grado de terminación para faena. No obstante, el grano se convirtió en el principal componente de la dieta con consumos semejantes a los que se pueden encontrar en sistemas de engorde a corral. Por lo expuesto, el análisis económico indicó que no es viable este tipo de suplementación, mostrando resultados favorables para la producción de carne a pasto que, produciendo menos kilogramos de carne presentó un margen económico superior.

Si bien el uso de silos de autoconsumo a campo es una herramienta práctica desde el punto de vista logístico, no sería una herramienta factible desde el punto de vista económico para este tipo de dieta. Es necesario encontrar una forma de regular el consumo de concentrado energético para disminuir la ración diaria ofrecida, teniendo en cuenta la practicidad de la de la estrategia de uso. Otra alternativa podría ser el aporte de concentrados proteicos que cubran el requerimiento de los animales y estimulen el consumo del forraje de sorgo.

7. Bibliografía

- *Allden, W.G. (1981). Energy and protein supplements for grazing livestock. In: Grazing animal. Morley, F.H.W. (Ed). University of Melbourne. Veterinary Clinical Center. Princes Highway. Werribee. Vic. 3030. Australia. Cap. 15. Pp. 289.*
- *Arelovich, H.M., Bravo R.D., Martínez, M.F. (2011). Desarrollo, características y tendencias de la producción ganadera de carne en Argentina, Fronteras Animales, Volumen 1, Número 2, octubre de 2011, páginas 37–45.URL: <https://doi.org/10.2527/af.2011-0021>*
- *Burgos, E., Vidal, A. (1951). Los climas de la República Argentina, según la nueva clasificación de Thornthwaite. Ed. Meteoros, Año I (1), 3-32.*
- *Carbonell, C. T., Chimeno, P., Cristiano, G., Saldungaray, C., Adúriz, M. A., Piñeiro, V., & Scoponi, L. (2022). Impacto de la intensificación en la invernada de terneros en un año climático promedio en el sudoeste de Buenos Aires. Revista Argentina de Economía Agraria, 23(1), 43-59.*
- *Carrasco, N., Zamora, M., & Melin, A. A. (2011). Manual de sorgo. INTA.*
- *Cesar, D., Cópola, B., & Agropecuario, P. (2016). Intoxicación por plantas cianogénicas. Revista Plan Agropecuario.*
- *Colombatto, D., Aguerre Antía, M. (2010). Suplementación a campo. Año I (1), 19-26.*
- *Daley, C. A., Abbott, A., Doyle, P. S., Nader, G. A., & Larson, S. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. Nutrition journal, 9, 1-12.URL: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-10>*
- *De la Sota, M.D. (2005). Manual del procedimiento en el transporte de animales. SENASA.*

- *De León, M. (2005). Estrategias de suplementación de pasturas. INTA E.E.A Manfredi, Proyecto Regional de Ganadería, Producción de Carne Bovina, Boletín Técnico Producción Animal, Año 3 N° 5.*
- *Demarco D. (2010). La Producción de Carne Vacuna y el Stock Bovino. Una relación de creciente deterioro.*
- *Dixon, RM y Stockdale, CR. (1999). Efectos asociativos entre forrajes y granos: consecuencias para la utilización de piensos. Revista Australiana de Investigación Agrícola, 50, 757-773.*
- *Duckett, S K.; Neel, J. P.S.; Lewis, J.P.; Fontenot, J. P., y Clapham, W.M. (2013). Effects of Winter stocker growth rate and finishing system on: III. Tissue proximate, fatty acid, vitamin, and cholesterol content. J. Anim. Sci. 91, 14541467.*
- *EEA INTA Bordenave. URL: https://inta.gob.ar/documentos/informacion_aqrometeorológica.*
- *EFSA. 2010., Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. EFSA Journal 2010; 8(3):1461.*
- *ELIZALDE, J. C. (2003). Suplementación en condiciones de pastoreo. Jornada De Actualización Ganadera, 1, 17-28.*
- *Fassio, A., Cozzolino, D., Ibañez, W., & Fernández, E. (2002). Sorgo: destino forrajero. INIA Treinta y Tres, Uruguay. Serie Técnica N 127, 32 p.*
- *Fernandez Mayer, A., & Chiatellino, D. (2014). Engorde pastoril con sorgos nervadura marrón o BMR como forraje fresco.*
- *Fishell, V.K.; Aberle, E.D.; Judge, M.D. y Perry, T.W. (1985). Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate. J. Anim. Sci.*

61, 151-157.

Griinari, J.M. and Bauman, D.E. (1999). Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. *Advances in conjugated linoleic acid research*, 1(1), 180-200.

- Haro, J. M. (2012). Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. URL: <http://repositorio.uqto.mx/bitstream/20.500.12059/1185/3/Jose%20Mejia%20Haro.pdf>
- Marinissen, J. (2007). Suplementación con grano de avena de terneros a pastoreo sobre un verdeo invernal. Parámetros productivos y calidad de carne (Doctoral dissertation, Tesis de Magister. Dto. Agronomía, Universidad nacional del Sur).
- Martínez M.F. (2010). Efecto del genotipo sobre la productividad y composición química de la biomasa forrajera y grano de avena. Dpto. Agronomía, UNS.
- National Academies of Sciences, Division on Earth, Life Studies, & Committee on Nutrient Requirements of Beef Cattle. (2016). *Nutrient requirements of beef cattle*.
- Neel, J.P.S.; Fontenot, J.P.; Clapham, W.M.; Duckett, S.K.; Felton, E.D.; Scaglia, G., y Bryan, W.B. (2007). Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: I Animal Performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 85, 2012-2018.
- Rearte, D. (2002). Calidad de carne en los sistemas pastoriles. Revista IDIA XXI, Ediciones INTA. Año II pp. URL: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/64calidad_carne_pastoril.pdf
- Recavaren, P., Giorno, A., Artica, E., et al. (2011). Resultados experimentación forrajera en el SudOeste. INTA-CREA.

- *Picardi, M. S., & Giacchero, A. (2015). Productividad de la tierra agrícola en el sudoeste bonaerense. Estudios económicos, 32(65), 73-95. URL: http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2525-12952015002200004&lng=en&nrm=iso. ISSN 2525-1295*
- *Pordomingo, B.A., Pordomingo, J.A., Pavan, E. (2017). Estudio de los efectos interactivos entre la edad, la alimentación y la maduración sobre las características físicas y bioquímicas de la carne bovina de novillos Angus. Facultad de ciencias veterinarias, UNCPBA.*
- *Stanley, P. L., Rowntree, J. E., Beede, D. K., DeLonge, M. S., & Hamm, M. W. (2018). Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems. Agricultural Systems, 162, 249-258. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aqsy.2018.02.003>*
- *Santini, F. J., Rearte, D., & Grigera, J. M. (2003). Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción. Unidad Integrada Balcarce. URL: <https://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=148>*
- *SENASA. (2015). Manual del Bienestar Animal: Un enfoque práctico para el buen manejo de especies domésticas durante su tenencia, producción, concentración, transporte y faena.*
- *Vaz Martins, D. (2000). Pastoreo de sorgo para engorde de ganado: otra alternativa para el verano. Revista Plan Agropecuario, (94), 31-36.*
- *Wallis de Vries, M.F. (1995). Estimating forage intake and quality in grazing cattle: A reconsideration of the hand – plucking method. J. of Range management. 48: 375.*