

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**IMPACTO DE LA INCLUSIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS DE
LEVADURA EN SUSTITUCIÓN DE LA MONENSINA SÓDICA EN LA
PERFORMANCE Y LA RESPUESTA AL ESTRÉS EN TERNEROS
DESTETADOS PRECOZMENTE ALIMENTADOS A CORRAL**

por

**Diego ALDAYA CLARAMUNT
Joaquín GUTIÉRREZ FRANCO**

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

**PAYSANDÚ
URUGUAY
2026**

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia
“Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**”.



Página de aprobación

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. (Dr.) Álvaro Simeone

Co-director/a:

Ing. Agr. (Dra.) Stefanía Pancini

Tribunal:

Ing. Agr. (Dra.) Stefanía Pancini

Zoot. (Dr.) Gabriel Menegazzi

Ing. Agr. (Mag.) María Victoria Burjel

Fecha:

24 de abril de 2026

Estudiante:

Diego Aldaya Claramunt

Joaquín Gutiérrez Franco

Agradecimientos

A nuestras familias, amigos y todas las personas que nos acompañaron, apoyaron y contuvieron durante el transcurso de la carrera, ya que sin su empuje y aliento no hubiese sido posible.

A nuestros compañeros tesisistas de verano 2025 por apoyarnos en el día a día del trabajo de campo, sin duda hicieron de ello un momento inolvidable y disfrutable.

A la generación de EEMAC 2024 por la complicidad, el tiempo, lo compartido y lo vivido en los dos mejores años de esta carrera, sin duda fueron el mejor broche de oro que pudimos tener para cerrar esta etapa.

A la cátedra de bovinos de carne en su totalidad, al personal de campo de la EEMAC, pero especialmente a nuestra Co-directora Stefanía Pancini, quien fue clave en todas las etapas de este trabajo de investigación, acompañándonos y guiándonos lo que nos permitió llegar hasta acá.

Tabla de contenido

<i>Página de aprobación</i>	3
<i>Agradecimientos</i>	4
<i>Lista de tablas y figuras</i>	7
<i>Resumen</i>	9
<i>Abstract</i>	10
1. <i>Introducción</i>	11
2. <i>Revisión Bibliográfica</i>	13
2.1 Destete Precoz a Corral	15
2.2 Aditivos nutricionales	16
2.2.1 Monensina sódica	17
2.2.1.1 Mecanismos de acción.....	17
2.2.1.2 Cuestionamiento en el uso de antibióticos como promotores del crecimiento ..	19
2.3 Aditivos naturales	20
2.3.1 Levaduras y sus derivados.....	21
2.3.1.1 Mecanismos de acción.....	21
2.3.1.2 Efectos sobre la performance.....	23
2.4 Hipótesis	25
3. <i>Materiales y métodos</i>	26
3.1 Localización y período experimental	26
3.2 Clima	26
3.3 Animales y Tratamientos	27
3.4 Procedimiento experimental	28
3.4.1 Período de acostumbramiento y retiro de fibra larga.....	28
3.4.2 Período experimental	29
3.4.3 Manejo sanitario.....	30
3.5 Registro y mediciones	30
3.5.1 Registro de peso vivo y consumo de alimento	30
3.5.2 Acceso a comederos.....	31
3.5.3 Patrón de comportamiento animal	31
3.5.4 Tasa de desaparición del alimento	31
3.5.5 Digestibilidad aparente.....	31
3.5.6 Extracción de Sangre.....	32
3.6 Variables calculadas	32
3.6.1 Ganancia media diaria (GMD).....	32
3.6.2 Eficiencia de conversión.....	32
3.6.3 Digestibilidad del alimento.....	33
3.7 Análisis químico de los alimentos	33
3.8 Análisis estadístico	34
4. <i>Resultados</i>	38
4.1 Condiciones climáticas	38
4.1.1 Condiciones generales.....	38
4.1.2 Índice de Temperatura y Humedad (ITH) e ITH ajustado por viento y radiación	38
4.2 Dieta: características y composición	40

4.3 Período preexperimental – Acostumbramiento	41
4.3.1 Acceso a Comederos durante el acostumbramiento	41
4.3.2 Peso vivo y ganancia de peso	42
4.3.3 Consumo de alimento y eficiencia de conversión.....	43
4.4 Período experimental - Corral	44
4.4.1 Peso vivo y ganancia de peso	44
4.4.2 Consumo y eficiencia de conversión	45
4.4.3 Digestibilidad aparente (MS Y MO)	47
4.4.4 Consumo diario de agua	48
4.4.5 Variables de interpretación de la conducta animal	49
4.4.5.1 Patrón de comportamiento animal	49
4.4.5.1.1 Actividad: Consumo de Alimento.....	50
4.4.5.1.2 Actividad: Descanso Echado y Parado.....	51
4.4.5.1.3 Actividad: Rumia.....	52
4.4.5.1.4 Actividad: Consumo de Agua	53
4.4.5.2 Tasa de desaparición del alimento	53
4.4.6 Cortisol en sangre.....	55
5. Discusión	57
5.1 Período pre-experimental - Acostumbramiento	57
5.2 Período experimental - Corral	57
6. Conclusiones.....	63
7. Bibliografía.....	64

Lista de tablas y figuras

Tabla 1 Efecto de la aplicación del DP en vacas primíparas y "flacas" sobre la preñez.....	14
Tabla 2 Exigencias nutricionales en terneros de DP, expresadas como concentración de nutrientes en la dieta.....	15
Tabla 3 Caracterización de animales utilizados.....	27
Tabla 4 Distribución de ITH según el IWSI por hora y día durante el período en estudio.....	39
Tabla 5 Composición química de las raciones totalmente mezcladas y el heno utilizado en el experimento.....	41
Tabla 6 PV inicial, PV final y GMD, para el período preexperimental (MON: monensina y CEL: Celmanax™).....	42
Tabla 7 Efecto de los tratamientos (MON: monensina y CEL: Celmanax™) sobre el CMS y la EC.....	44
Tabla 8 Efecto de los tratamientos (MON: monensina, CEL: Celmanax™) sobre la performance.....	44
Tabla 9 Efecto de los tratamientos (MON: monensina y CEL: Celmanax™) sobre el CMS y la EC.....	46
Tabla 10 Digestibilidad total aparente de la MS y MO según tratamiento (MON: monensina, CEL: Celmanax™).....	47
Tabla 11 Evolución de la digestibilidad total aparente, según tratamiento (MON: monensina, CEL: Celmanax™).....	48
Tabla 12 Consumo diario de agua, expresado en L/día, según tratamiento (MON: monensina, CEL: Celmanax™).....	49
Tabla 13 Probabilidad de encontrar un animal realizando una actividad durante horas luz (MON: monensina, CEL: Celmanax™).....	50
Tabla 14 Efecto de los tratamientos (MON: monensina, CEL: Celmanax™) sobre la cantidad y tasa de consumo.....	54

Figura 1 Partición de nutrientes en vacas de carne alimentadas con dietas de diferente calidad.....	13
Figura 2 Resumen de los posibles efectos de los ionóforos en el rumen.....	19
Figura 3 Distribución de corrales de encierro durante período experimental.....	28
Figura 4 Línea de tiempo con las actividades realizadas para el período de acostumbramiento.....	29
Figura 5 Línea de tiempo con las actividades realizadas para el período experimental.....	30
Figura 6 Datos climatológicos generados a partir de la Estación Meteorológica de la EEMAC.....	38
Figura 7 Evolución horaria del ITHaj para todo el período, presentando la ocurrencia de olas de calor.....	40
Figura 8 Acercamiento al comedero durante los primeros 15 minutos de consumo (MON: monensina, CEL: Celmanax™).....	42
Figura 9 Evolución del PV de los terneros según tratamiento (MON: monensina, CEL: Celmanax™), durante el acostumbramiento.....	43
Figura 10 Evolución del PV de los terneros (MON: monensina, CEL: Celmanax™), durante período experimental.....	45
Figura 11 Evolución semanal del CMS expresado en kg/animal/día según tratamiento (MON: monensina, CEL: Celmanax™).....	46
Figura 12 Evolución del consumo de agua expresado en L/día (MON: monensina, CEL: Celmanax™).....	49
Figura 13 Probabilidad de encontrar a un animal consumiendo alimento por semana (MON: monensina, CEL: Celmanax™).....	51
Figura 14 Probabilidad de encontrar a un animal descansando echado por semana (MON: monensina, CEL: Celmanax™).....	52
Figura 15 Probabilidad de encontrar a un animal descansando parado por semana (MON: monensina, CEL: Celmanax™).....	52
Figura 16 Efecto del tratamientos (MON: monensina, CEL: Celmanax™) sobre la cantidad de alimento consumido por período.....	55
Figura 17 Efecto de los tratamientos (MON: monensina, CEL: Celmanax™) sobre los niveles de cortisol en sangre.....	56

Resumen

El destete precoz en ganado de carne es una técnica comúnmente utilizada para mejorar la condición corporal y la tasa de preñez de las vacas. Sin embargo, a edades tan tempranas, el manejo nutricional de los terneros post-destete resulta en un desafío dados los altos requerimientos nutricionales. Una forma de mejorar, además de la tasa de preñez, el peso al destete es la alimentación a corral, en donde la incorporación de aditivos nutricionales juega un rol muy importante para mejorar el crecimiento, la eficiencia de conversión, la respuesta al estrés y la salud. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la sustitución de monensina sódica como aditivo nutricional por un producto de origen natural derivado de levaduras (Celmanax™; Church & Dwight Co., Inc.; Princeton, NJ) en el desempeño y respuesta al estrés en terneros de destete precoz alimentados a corral. Treinta y dos terneros Hereford machos castrados, nacidos en primavera 2024, fueron destetados con 71 ± 10 días de edad y con un peso vivo (PV) de 88 ± 12 kg. Fueron estratificados por PV y se asignaron aleatoriamente a cada tratamiento: 1) una ración totalmente mezclada con 17% de grano entero de avena como fuente de fibra (RTM sin fibra larga) con la inclusión de monensina sódica a razón de 50 mg/kg como aditivo nutricional (MON; n = 16); y 2) la misma RTM, sustituyendo el agregado de monensina sódica por el agregado top-dressed de un aditivo nutricional de origen natural (CEL) a razón de 7 g/animal/día (CEL; n = 16). Los terneros fueron ubicados en corrales individuales semi-techados provistos de comedero y bebedero, en donde recibieron cada tratamiento durante 73 días, incluyendo un período de acostumbramiento de 17 días. El alimento se ofreció en 2 comidas diarias, de igual cantidad, ajustando la cantidad ofrecida para asegurar un consumo *ad libitum*. El consumo de materia seca (CMS, kgMS/d) se midió diariamente como la diferencia entre el ofrecido y el rechazado; el peso vivo se registró cada 14 días sin ayuno previo, y la eficiencia de conversión (EC, kgMS:kgPV) se calculó en función del CMS y la ganancia media diaria (GMD, kgPV). Se tomaron dos muestras de sangre de la vena yugular, al inicio y al final del período experimental, para la determinación del nivel de cortisol en plasma. Durante las mismas semanas, se recolectaron muestras de heces en tres días consecutivos para estimar la digestibilidad aparente total del tracto gastrointestinal, para la materia seca (MS) y la materia orgánica (MO), utilizando cenizas insolubles en ácido como marcador interno. Los datos fueron analizados en un diseño completamente al azar. La inclusión de CEL como sustituto de MON, permitió alcanzar el mismo CMS y GMD, logrando un mismo peso vivo final ($P \geq 0,316$); y resultó en una mejora en la respuesta al estrés, o mejor adaptación, debido a un menor nivel de cortisol en plasma al día 73 (MON: 1,7238 $\mu\text{g/dl}$ y CEL: 1,3225 $\mu\text{g/dl}$; $P = 0,049$). Sin embargo, la EC alcanzada en MON fue mejor (3,57 vs 3,80 CEL, $P = 0,038$), acompañada de una mejor digestibilidad tanto de la MS como de la MO ($P < 0,0001$) y un menor consumo de agua ($P = 0,041$). A pesar de ello, la sustitución de la monensina sódica por un aditivo de origen natural se considera viable ya que no se ve afectado el desempeño de los terneros y se logra una aparente mejor respuesta al estrés, incluso cuando estos son alimentados con una RTM sin fibra larga en un sistema intensivo de alimentación a corral.

Palabras clave: bovinos de carne, destete precoz a corral, aditivos nutricionales, respuesta al estrés

Abstract

Early weaning in beef cattle is commonly used to improve cows' body condition score and pregnancy rate. However, at such a young age, nutritional management of post-weaned calves could be challenging given the great nutritional requirements. One way to improve pregnancy rate together with weaning weight is a dry-lot feeding system, where the inclusion of feed additives in the diet plays a key role in improving growth, feed efficiency, stress response and health. The objective of this study was to evaluate the impact of substituting sodium monensin as a feed additive with a natural yeast derived product (Celmanax™; Church & Dwight Co., Inc.; Princeton, NJ) on performance and stress response in early weaned calves in a dry-lot feeding system. Thirty-two male castrated Hereford calves, born in spring 2024, were weaned at 71 ± 10 days of age and 88 ± 12 kg body weight (BW). Calves were stratified by BW and randomly assigned to one of the two treatments: 1) total mixed ration with 17% whole grain oats as a source of fiber (TMR without long-size fiber) with the inclusion of sodium monensin (50 mg/kg) as a feed additive (MON; n = 16); and 2) the same TMR, replacing sodium monensin with a natural yeast derived product as a feed additive top dressed (7 g/animal/day) (CEL; n = 16). Calves were placed in individual semi-roofed pens equipped with a feeder and a water trough, and received dietary treatments for 73 days, including a 17-day adapting period. Feed was offered in 2 equal meals a day, adjusting the amount offered every two days to ensure *ad libitum* intake. Dry matter intake (DMI, kgDM/d) was measured daily as the difference between feed offered and refusals; body weight was recorded every 14 days without fasting, and feed efficiency (FE, kgDM:kgBW) was calculated based on DMI and average daily gain (ADG, kgBW). Two blood samples were taken from the jugular vein, at the beginning and at the end of the experimental period, for plasma cortisol level determination. During the same weeks, fecal samples were collected on three consecutive days to estimate total tract apparent digestibility of dry matter (DM) and organic matter (OM), using acid-insoluble ash as an internal marker. The data was analyzed in a completely randomized design. The inclusion of CEL as a substitute for MON, allowed to achieve the same DMI and ADG, reaching the same final body weight ($P \geq 0.316$); and resulted in a better stress response, or better adaptation, due to a lower plasma cortisol level at day 73 (MON: 1.7238 $\mu\text{g/dL}$ and CEL: 1.3225 $\mu\text{g/dL}$; $P = 0.049$). However, the FE achieved in MON was better (3.57 vs 3.80 CEL, $P = 0.038$), accompanied by greater digestibility, of both DM and OM ($P < 0.0001$), and lower water intake ($P = 0.041$). Despite this, the substitution of sodium monensin with a natural feed additive is considered feasible since the performance of calves was not affected and an apparent better stress response was achieved, even when calves were fed with a highly concentrated TMR without long size fiber in a dry-lot feeding system.

Keywords: beef cattle, dry-lot, early weaning, feed additives, stress response

1. Introducción

En la caracterización de los sistemas criadores en Uruguay se identifican tres problemáticas principales: bajo porcentaje de preñez (68% según Soares de Lima, 2009), bajo peso de los terneros al destete (159 kg según Quintans et al., 2008) y una elevada edad al primer entore de las vaquillonas (Simeone & Beretta, 2002). Una manera de resolver los dos primeros problemas es la implementación del destete precoz a corral (DPC). Esta tecnología combina la aplicación del destete precoz, que implica la separación definitiva del ternero de la madre cuando éste tiene por lo menos 60 días de edad y/o 70 kg de peso vivo (PV), con la posterior alimentación a corral para lograr una elevada ganancia de peso en un período corto de tiempo (90-120 días) (Beretta et al., 2012). De esta manera, se promueve la recuperación de la condición corporal (CC) de las vacas, para lograr el reinicio de la actividad sexual y aumentar el porcentaje de preñez al siguiente entore; mientras que se estará logrando un mayor peso del ternero a los 6 meses de edad una vez finalizado el período de alimentación a corral (Simeone & Beretta, 2002).

El DPC es una certeza tecnológica, comprobada reiteradamente por la investigación nacional, la cual permite ganancias de peso diarias en torno a 1 kg/día, con excelente eficiencia de conversión del alimento a producto (4:1 kg MS/kg PV) (Beretta et al., 2012). La utilización de dietas altamente concentradas con el objetivo de asegurar una elevada ganancia de peso diaria (GMD, kg/d) sin afectar la salud y bienestar animal requiere de la incorporación de aditivos nutricionales, que tendrán un efecto como moduladores de la fermentación ruminal para evitar trastornos digestivos y mejorar la eficiencia de utilización de los nutrientes (Mao & Wang, 2025; Marques & Cooke, 2021).

El principal aditivo utilizado en condiciones comerciales es la monensina sódica, perteneciente al grupo de los ionóforos, clasificado como un antibiótico promotor del crecimiento cuando es utilizado a bajas dosis (Owens, 2021). La incorporación del mismo en las dietas permite mejorar la eficiencia de conversión del alimento en carne (Bertipaglia, 2008), a través de una reducción en el consumo (Bergen & Bates, 1984; Russell & Strobel, 1989), manteniendo igual o mejor ganancia de peso (Bertipaglia, 2008), debido a un aumento en la proporción de ácido propiónico a nivel ruminal (Bergen & Bates, 1984), una reducción de la producción de metano y concentración de ácido láctico, que permite mantener un pH ruminal más elevado (Dinius & Baile, 1977). En 2006 la Unión Europea prohíbe el uso de antibióticos como promotores de crecimiento en la alimentación animal, generando una interrogante ante el uso de este tipo de aditivos y qué consecuencias podría representar para futuras negociaciones y comercialización de productos cárnicos, siendo este uno de los principales mercados importadores de la carne vacuna uruguaya (European Commission, 2005). Esta situación, sumado a la tendencia por parte de los consumidores de elección de productos producidos de manera más natural, remarca la importancia de continuar la evaluación de aditivos sustitutos de origen natural.

Los aditivos de origen natural se destacan como una alternativa viable para su uso en rumiantes, entre los cuales se encuentran los probióticos, prebióticos, enzimas, aceites esenciales, entre otros. Sin embargo, la consistencia de los resultados obtenidos

con este tipo de aditivos depende de la dosis, la categoría animal y del tipo de alimentación utilizada (Jouany & Morgavi, 2007).

El objetivo de este trabajo es evaluar el potencial de uso de un producto natural derivado de las levaduras, el cual incluye metabolitos producto de la fermentación de las levaduras, pared celular de levaduras hidrolizadas enzimáticamente y el medio líquido utilizado para cultivar cepas de *Saccharomyces cerevisiae* (puede contener células vivas) seco y mezclado con un vehículo en base a granos (mediante procesos patentados; Celmanax™, Church and Dwight Co., Inc.; Princeton, NJ, USA), como sustituto de la monensina, en una dieta de corral altamente concentrada para terneros destetados precozmente, y cuantificar su efecto sobre el desempeño animal y la respuesta al estrés. Más específicamente, evaluar la respuesta en términos de ganancia de peso vivo, consumo y eficiencia de conversión del alimento, así como caracterizar el efecto sobre la digestibilidad aparente *in vivo* de la dieta, el patrón de consumo, el comportamiento animal, y la respuesta al estrés.

2. Revisión Bibliográfica

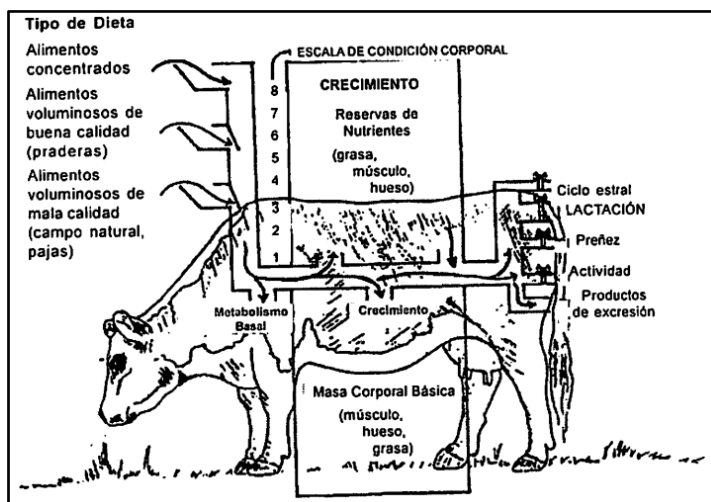
El Destete Precoz (DP) surge como una solución a una problemática de los sistemas criadores registrada a nivel país, los cuales presentan históricamente bajo porcentaje de preñez (68%) y de destete (64%) (Gorga & Piegas, 2024; Soares de Lima, 2009). El DP es una técnica de control de amamantamiento la cual permite lograr un aumento en el porcentaje de preñez del rodeo mediante la interrupción total de la lactancia y, por tanto, generando una redistribución de la energía utilizada para la producción de leche, que genera un aumento en la condición corporal (CC) de la vaca, retornando a la ciclicidad ovárica en un menor tiempo post parto (Simeone & Beretta, 2002).

Esta técnica consiste en la interrupción definitiva de la relación vaca - ternero cuando éste último tiene al menos 60 días de edad y/o 70 kg de peso vivo (PV), y debe aplicarse teniendo en cuenta las fases de implementación del DP propuestas por Simeone y Beretta (2002), incluyendo así la planificación, infraestructura, destete en sí mismo, etapa de acostumbramiento a la nueva dieta y manejo post acostumbramiento.

Su justificación se basa en el principio de la partición de nutrientes en vacas de carne (figura 1) propuesto por Short y Adams (1988) en donde el destino de los nutrientes para cubrir los costos energéticos del reinicio de la actividad ovárica y por tanto la posibilidad de preñez se encuentran en el octavo lugar de priorización.

Figura 1

Partición de nutrientes en vacas de carne alimentadas con dietas de diferente calidad



Nota. Adaptado de Short y Adams (1988).

Entonces, para una vaca de cría de bajo estado corporal la cual debe cubrir los requerimientos de mantenimiento, actividad, crecimiento, acumulación de reservas y por sobre todo los costos de lactación, la probabilidad de preñez se ve muy disminuida. Asimismo, esto también sucede en vacas primíparas, las cuales presentan elevados requerimientos de crecimiento debido a que continúan en desarrollo, determinando así un bajo porcentaje de preñez logable, en torno a un 40% (Simeone & Lobato, 1996).

Si bien existen otras alternativas, como lo es el destete temporario (DT), que no implica la separación definitiva de la madre y su ternero, y tiene un impacto positivo a nivel reproductivo, este no ha sido consistente en sus resultados en el desempeño del ternero, pudiendo verse afectado negativamente en algunos casos.

El DT consiste en la aplicación de una tablilla nasal al ternero por 11-13 días cuando éste tiene al menos 40 días de edad o por lo menos 50 kg de peso vivo, imposibilitando así que el ternero mame durante ese período. Ese corte temporal del amamantamiento estimula el reinicio de la actividad ovárica (62% vs 0% de ciclicidad a los 14 días del DT para vacas con y sin DT respectivamente; Quintans, Scarsi et al., 2013) y genera un aumento en el porcentaje de preñez, registrado en 28,7% en vacas multíparas según Da Rosa y Real (como se cita en Geymonat, 1984). Esta técnica presenta un mayor impacto (22% según De Grossi, 2003) en vacas con CC 3,5 ya que con CC 3 o menor las mismas se encuentran en un anestro profundo el cual requiere de técnicas más drásticas para levantarlo.

Por otra parte, puede traer consigo una pérdida de peso de los terneros destetados, no alcanzando el mismo desempeño que si se mantuvieran siempre al pie de su madre (0,571 vs 0,413 kg/animal/d (Jiménez de Aréchaga & Pittaluga, 2006). Estos resultados quitan el atractivo de esta técnica, la cual no se puede clasificar como una certeza tecnológica, ya que los resultados son dependientes de las condiciones presentes año a año.

En el caso del DP, si se logran resultados efectivos y consistentes año a año, siendo una técnica aplicable a vacas primíparas y vacas de CC 3 o menos, posibilitando así la recuperación de estado corporal de las vacas y retorno a la ciclicidad ovárica antes en el tiempo (28 y 66 días para lograr el 75% del rodeo ciclando con y sin DP, Quintans & Vázquez, 2002) logrando así mejorar el porcentaje de preñez (Tabla 1).

Tabla 1

Efecto de la aplicación del DP en vacas primíparas y "flacas" sobre la preñez

	Vacas Primíparas		Vacas CC 2,7	
	Testigo	DP	Testigo	DP
%Preñez	40	94	14	73
Aumento de Preñez (%)	54		59	
Autores	Simeone y Lobato (1996)		Simeone et al. (1996)	

Nota. Adaptado de Simeone et al. (1999).

Una vez destetados, la técnica de DP descrita por Beretta et al. (2012) cuenta con dos tipos fundamentales de alimentación de los terneros: Destete Precoz a Pasto, en donde los terneros son alimentados sobre campo natural o sobre pasturas sembradas, siempre con suplementación de un concentrado energético - proteico, ofrecido a razón del 1,5 o 1% PV respectivamente, con el objetivo de alcanzar la misma ganancia de peso que al pie de la madre (500-600g/d); y Destete Precoz a Corral, en donde los animales son confinados y alimentados exclusivamente con dietas totalmente mezcladas y concentradas para alcanzar ganancia de peso en torno a 1 kg/animal/día.

2.1 Destete Precoz a Corral

Los terneros de Destete Precoz presentan altas exigencias nutricionales, debido a que se encuentran en pleno crecimiento en donde el músculo es el principal componente de la ganancia de peso, esto les demanda altos niveles de proteína por kilo producido, pero implica una mejor eficiencia de conversión del alimento que en animales ya desarrollados, debido a la mayor relación músculo/grasa en la composición de la ganancia (Di Marco, 2006). En la tabla 2 se presentan las exigencias nutricionales de un ternero de destete precoz que logra una ganancia de 0,6 kg/día (Simeone & Beretta, 2002).

Tabla 2

Exigencias nutricionales en terneros de DP, expresadas como concentración de nutrientes en la dieta

Nutriente	Valor
Energía Metabolizable (Mcal/kg)	2,60
Proteína (%)	16,0
Calcio (%)	0,64
Fósforo (%)	0,32

Nota. Todas las concentraciones se expresan en base seca. Elaborado con base en Simeone y Beretta (2002), National Research Council ([NRC], 1988, 1996), Standing Committee on Agriculture and Resource Management (1990) y Alderman y Cottrill (1993).

El destete precoz a corral (DPC) surge como una alternativa para cubrir esas altas exigencias nutricionales, antecedentes nacionales reportan dietas con un aporte de 17-18% de proteína cruda (PC) y 2,7 Mcal/kg de energía metabolizable (EM) con las cuales se alcanzan elevadas ganancias de peso (1,226 kg/día) a través del uso de dietas altamente concentradas, con una relación concentrado voluminoso entre 80:20 y 92:8, ofrecidas a voluntad (Beretta et al., 2012). En la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, se ha investigado en extenso la evaluación, no solamente de la técnica, sino que también del uso de dietas concentradas combinando diferentes tipos de suplementos y forrajes; estableciendo al DPC como una certeza tecnológica que garantiza un aumento del peso de los terneros a los 6 meses de edad, comparado con el destete convencional (Beretta et al., 2012, 2016; Burjel et al., 2025; Pancini et al., 2024, 2025; Simeone, Beretta, Acuña, et al., 2014; Simeone, Beretta, Clerc et al., 2014; Simeone et al., 2021, 2022).

El uso de dietas altamente concentradas en categorías tan jóvenes requiere de la inclusión de una fuente de fibra efectiva que promueva la rumia e insalivación, y evite la generación de cuadros acidóticos que afecten el desempeño animal a futuro; la acidosis ruminal es un desorden causado por la rápida producción y absorción de ácidos orgánicos y endotoxinas, cuando los animales se enfrentan a dietas muy concentradas que contienen altas dosis de carbohidratos de rápida fermentación (Bacha et al., 2005).

Dietas clásicas para DPC incluyen al menos un 20% de heno de buena calidad, como fuente de fibra larga (Beretta et al., 2012). Recientemente, con el objetivo de facilitar el manejo operativo y mejorar la digestibilidad de la dieta, se validó el uso de grano entero de avena (GEA) como sustituto del heno, pasando a cumplir el rol de aporte de fibra efectiva a la dieta, generando rumia, masticación e insalivación (Beretta et al.,

2016; Mertens, 2002). Con un nivel de inclusión de hasta 30% de GEA y sin heno se logró además de mejorar la GMD (1,12 a 1,28 kg/animal/día) aumentar la digestibilidad de la MS ya que, a un mismo nivel de consumo, la eficiencia de conversión pasó de 3,9 kg MS/kg PV a 3,44 (Beretta et al., 2016). De esta manera, se logró generar una dieta para DPC que resulta en una ración totalmente mezclada (RTM) sin fibra larga la cual maximiza la concentración de la dieta y el desempeño animal.

Por otra parte, si bien el ternero de destete precoz logra alcanzar un buen desempeño productivo en términos de ganancia de peso, también se enfrenta a diversos factores estresantes, tanto físicos como fisiológicos, generados por la exposición a un nuevo ambiente, instalaciones, grupo de animales, y una nueva dieta (Duff & Galyean, 2007; Wiegand et al., 2020) lo cual implica una acumulación de estrés adaptativo para los terneros. Particularmente en DPC, el ternero no solo está enfrentando la transición de una dieta líquida a una dieta sólida, sino que los componentes de la misma la hacen aún más desafiante.

Una de las formas de aliviar éstos efectos ha sido a través de la inclusión de aditivos nutricionales en las dietas de alimentación a corral, como moduladores de la fermentación ruminal, para asegurar el desempeño animal sin un impacto negativo en la salud del mismo.

2.2 Aditivos nutricionales

Los aditivos nutricionales son ingredientes que son incorporados a la dieta en pequeñas cantidades para ser suministrados en conjunto con el resto de los alimentos, que cumplen con el objetivo de optimizar el desempeño animal, beneficiar el bienestar animal y/o alterar la fermentación ruminal, sin un aporte nutricional *per se*. De esta forma se pueden describir dos grandes grupos que cumplen con dicho objetivo, aditivos que estimulan el crecimiento de grupos bacterianos específicos (aditivos microbianos y ácidos orgánicos) y aquellos que lo inhiben (ionóforos y extractos de plantas) (Calsamiglia et al., 2005).

Otra clasificación más concreta, propuesta por Pandey et al. (2019) es la división de los aditivos en ocho grupos según función y origen: aditivos para promover la ingesta de alimentos (antioxidantes, saborizantes), para mejorar la aceptabilidad y calidad del alimento, para mejorar la digestibilidad y la absorción, para alterar el metabolismo (hormonas e implantes), para mejorar el estado de salud, las enzimas, los promotores del crecimiento (antibióticos o no) y los aditivos fitogénicos.

En dietas altamente concentradas utilizadas en confinamiento, el aditivo más extensamente utilizado es la monensina sódica, un ionóforo, clasificado como un antibiótico promotor del crecimiento. Esto se debe a que en dietas con grandes cantidades de concentrado se incrementa la fermentación ruminal y producción de ácidos grasos volátiles (AGV) que predisponen a cuadros de acidosis y afección en el desempeño animal a corto o largo plazo (Reis et al., 2011).

Cuando la tasa de producción de AGV supera la capacidad de absorción y amortiguación del rumen, el pH disminuye favoreciendo la actividad de bacterias Gram positivas (productoras de ácido láctico). La acumulación de ácido láctico genera una disminución aún mayor del pH ruminal, debido a su mayor capacidad de liberación de

protones (menor pKa que los AGV) y menor tasa de absorción que los AGV presentes en condiciones normales (Van Soest, 1994). De esta manera se predispone a la aparición de cuadros más agudos de este tipo de trastorno alimenticios como lo es la acidosis ruminal.

Por otra parte, la elevada ganancia de peso lograda con una dieta altamente concentrada y rica en almidón, también se debe a la composición de la misma que influye directamente en el perfil de AGV provenientes de la fermentación ruminal (Reis et al., 2011). Un mayor contenido de almidón en la dieta se traduce en una mayor proporción de propionato producido en el rumen, principal precursor glucogénico en rumiantes, lo cual se traduce en mayor síntesis de glucosa en el hígado a través de la gluconeogénesis y una mayor eficiencia energética (Aiello et al., 1989; Van Soest, 1994). En síntesis, dada una dieta con alta concentración de almidón, se aumenta la producción de propionato la cual genera una mejora en la eficiencia de la síntesis de glucosa, que se ve reflejado en una mayor performance y eficiencia animal. Por esto es importante el uso de aditivos adecuados, priorizando la eficiencia en la utilización de los nutrientes y limitando la caída del pH ruminal.

2.2.1 Monensina sódica

La monensina es un poliéter producido por *Streptomyces cinnamonensis* con propiedades antibióticas, perteneciente al grupo de ionóforos, descubierto en 1967 por Agtarap et al. (1967), e inicialmente utilizado como coccidiostático en aves en Estados Unidos. Luego en 1975 fue aprobado por la FDA (Food and Drug Administration) para su utilización en rumiantes para incrementar la eficiencia de conversión del alimento en carne, con una dosis de 5 - 30 miligramos por tonelada de alimento (Owens, 2021).

En la década del 80-90 luego de múltiples investigaciones se concluye que la monensina, a dosis de 40 mg por tonelada de alimento, no sólo mejora la eficiencia de conversión, sino que también disminuye la incidencia de trastornos digestivos como lo son la coccidiosis y el timpanismo en animales alimentados a corral (Branine & Galyean, 1990; Nagaraja et al., 1981).

Por tanto, la monensina sódica ha sido empleada y consolidada como el promotor de crecimiento más utilizado en sistemas de engorde a corral (Zanine et al., 2006), con el objetivo de mejorar la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia (Bertipaglia, 2008), con una efectividad comprobada y similar a otros ionóforos también utilizados en producción de rumiantes, como lo son la lasalocida y la salinomicina (Ferrell et al., 1982). La dosis de monensina recomendada actualmente para su inclusión en las dietas es de 1 a 3 mg/kg PV, existiendo un riesgo por toxicidad que se presenta cuando las dosis superan los 30 mg/kg PV (Odriozola, 2004).

2.2.1.1 Mecanismos de acción

La monensina sódica pertenece al grupo de los ionóforos cuya acción principal se basa en la inhibición de bacterias Gram positivas, como lo son las bacterias proteolíticas, las sintetizadoras de ácido acético y de ácido láctico (Dinius & Baile, 1977). Russell y Strobel (1989) resumen el mecanismo de acción de los ionóforos como la capacidad de generar un complejo ionóforo-cación que puede difundirse a través de la membrana y, de esta manera, se altera la homeostasis de las células bacterianas. En particular, la monensina tiene alta afinidad por el Na⁺ e intercambia ésta molécula

extracelular por protones (H⁺) intracelulares; de esta manera éstas células se ven obligadas a expulsar el sodio, consumiendo ATP y reduciendo la eficiencia metabólica.

Asimismo, estos autores explican que las bacterias Gram positivas generan energía únicamente mediante el intercambio de iones H⁺ a través de la membrana celular, mientras que las Gram negativas cuentan con una vía adicional de producción de energía a través de la membrana celular. Las bacterias Gram negativas presentan una membrana externa con mayor impermeabilidad que las Gram positivas, en donde el flujo de solutos es determinado por las porinas (mediante canales hidrofílicos) las cuales presentan un límite de exclusión de 600 daltons, dado que las moléculas de los ionóforos presentan tamaños de 500 daltons y son totalmente hidrofóbicas (Russell & Strobel, 1989). Por esta razón, las bacterias Gram negativas son (en su mayoría) resistentes a la acción de los ionóforos (Russell & Strobel, 1989). Estas diferencias explican por qué los ionóforos afectan principalmente a las bacterias Gram positivas, reduciendo su población en el rumen y permitiendo que las Gram negativas predominen.

Como resultado, se producen modificaciones en la fermentación ruminal; las bacterias Gram positivas, responsables de la producción de acetato, butirato, H⁺ y formiato, disminuyen, mientras que las bacterias Gram negativas, que generan succinato y propionato, aumentan su presencia y actividad. Este cambio favorece a un mayor aprovechamiento del H⁺ por parte de las bacterias Gram negativas para la síntesis de propionato, lo que afecta de forma indirecta a las bacterias metanogénicas, reduciendo así su actividad y la producción de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) (Graminha et al., 2016).

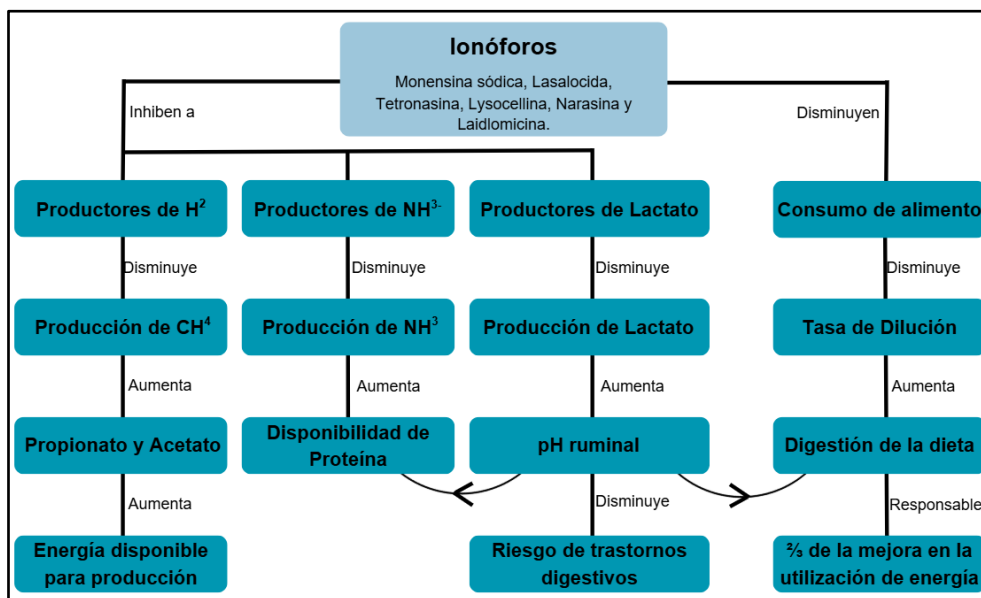
Por otra parte, la monensina también actúa sobre las bacterias proteolíticas presentes en el rumen, disminuyendo la degradación de proteínas a nivel ruminal (Dinius & Baile, 1977). Esto permite que la proteína dietaria, con mayor valor biológico que las proteínas bacterianas, pasen por el rumen hacia el duodeno, en donde serán digeridas y absorbidas como aminoácidos; como resultado, el animal aumenta la eficiencia de la digestión de las proteínas de la dieta a nivel duodenal, incrementando el suministro de proteína metabolizable y el flujo de aminoácidos absorbibles, ya que se evitan las pérdidas de nitrógeno como nitrógeno amoniacal (NH₃), asociadas a la degradación excesiva en el rumen (Chalupa, 1975; Titgemeyer, 2003; Van Soest, 1994).

Sumado a estos efectos, en dietas que contienen altos niveles de carbohidratos fácilmente fermentables, los ionóforos generalmente reducen el consumo de alimento, sin impactar negativamente en las ganancias de peso, logrando así una mejor eficiencia de conversión de alimento en producto (kg alimento/kg ganancia) (Bergen & Bates, 1984).

El efecto positivo generado con el uso de ionóforos se ve claramente reflejado en animales de crecimiento y terminación, donde existen tres grandes áreas del metabolismo que logran explicar la mejora en la performance de los animales: Mayor eficiencia del metabolismo energético en el rumen y/o en el animal, mejor metabolismo del nitrógeno en el rumen y/o en el animal y se observa una reducción de trastornos digestivos comunes en sistemas de alimentación a corral especialmente acidosis láctica crónica y timpanismo (Bergen & Bates, 1984). A modo de síntesis, se esquematizan (Figura 2) los posibles efectos que los ionóforos pueden tener en los vacunos (Russell & Strobel, 1989).

Figura 2

Resumen de los posibles efectos de los ionóforos en el rumen



Nota. Adaptado de Russell y Strobel (1989).

2.2.1.2 Cuestionamiento en el uso de antibióticos como promotores del crecimiento

Más allá de la efectividad comprobada con el uso de ionóforos en la alimentación a corral, en especial la inclusión de monensina en la dieta como aditivo nutricional, durante el 2005 la UE decretó la prohibición del uso de antibióticos como promotores del crecimiento en alimentación de animales en el Reglamento (CE) n° 1831/2003 (2003); el decreto entró en efecto el 1ro de enero de 2006. A raíz de esto, los últimos cuatro antibióticos (monensina sódica, salinomocina sódica, avilamicina y flavofosfolipol) que se encontraban permitidos se prohíben totalmente, entre ellos la monensina sódica como aditivo en el engorde de ganado (European Commission, 2005).

Esta prohibición surge bajo el principio de precaución, dado que el uso de bajas dosis de un antibiótico puede generar residuos en los productos como carne y leche, y causar resistencia bacteriana cruzada, a pesar de que este tipo de antibiótico no es utilizado en humanos (Al-Dobaib & Mousa, 2009; Millet & Maertens, 2011; Turnidge, 2004).

Otro cuestionamiento más reciente surge por la posible resistencia de coccidios, ya que la monensina es un coccidiostático, lo cual genera un inconveniente para el uso de fármacos anticoccidiales (Red de Seguridad Alimentaria, 2018). Asimismo, estos autores afirman que se ha informado que el desarrollo de resistencia adquirida a la monensina y la resistencia cruzada a una serie de antimicrobianos de uso común en medicina veterinaria y humana es poco probable que suceda. En el análisis de la excreción de patógenos zoonóticos no se logra discernir con exactitud que el aumento y la disminución de diversos patógenos sea debido en su totalidad al uso de monensina (Red de Seguridad Alimentaria, 2018).

Según la Red de Seguridad Alimentaria (2018), todavía no hay pruebas científicas de que el uso de ionóforos como la monensina esté generando resistencia en los antimicrobianos que son clave para la salud humana. De hecho, resaltan que la evidencia disponible hasta ahora muestra que la resistencia a los ionóforos, en particular a la monensina, observada en coccidios de animales de consumo aparece de forma lenta y, además, es reversible (Red de Seguridad Alimentaria, 2018).

Más allá de estas evidencias, la presión social por no utilizar antimicrobianos como promotores del crecimiento, implantes hormonales y tratamientos metafilácticos, ha causado una tendencia a buscar alternativas para una producción más natural (Wileman et al., 2009). Este nuevo escenario de producción lleva a la búsqueda de alternativas de aditivos nutricionales de origen natural, que no sean perjudiciales para el bienestar animal ni dañen la salud del consumidor, pero que mantengan los beneficios ya descritos a nivel productivo.

2.3 Aditivos naturales

Los aditivos naturales son aquellas sustancias, microorganismos o productos formulados que como lo dice su propio nombre, sean de origen animal o vegetal (Silveira Pimentel et al., 2022). Éstos han tomado relevancia a nivel mundial, debido a los cuestionamientos hacia los aditivos más utilizados tradicionalmente como son los antibióticos, por tanto, surgen como una alternativa de sustitución, dado su efecto benéfico sobre la microflora intestinal, la digestibilidad del alimento y la salud animal (Gaggia et al., 2010; Placha et al., 2022).

Existen múltiples clasificaciones de los aditivos naturales, una clasificación apropiada puede ser la propuesta por Beck y Biggs (2022) quienes los clasifican en grupos como microorganismos y probióticos de alimentación directa, prebióticos, enzimas, aceites esenciales, beta-agonistas, productos de la fermentación y cultivos de levaduras.

Los cultivos de levaduras vivas presentan un efecto probiótico debido a que actúan sobre la población microbiana ruminal y benefician tanto al huésped como a su sistema inmunológico (Jouany, 2006). Por otra parte, los componentes estructurales de las levaduras, sustratos no digeribles, presentan un efecto prebiótico al estimular microorganismos benéficos. Asimismo, existen productos comerciales derivados de cultivos de levaduras que combinan un efecto prebiótico y probiótico como lo es el Celmanax™ (Church and Dwight Co., Inc.; Princeton, NJ, USA), el cual incluye metabolitos y contenido celular producto de la fermentación de las levaduras (ácidos orgánicos, alcoholes, dióxido de carbono, péptidos, aminoácidos, enzimas, glucosa), la pared celular de levaduras hidrolizadas enzimáticamente, más específicamente RFCs™ (Refined Functional Carbohydrates) como D-manosa, β -glucanos, manano oligosacáridos y el medio líquido utilizado para cultivar cepas de *Saccharomyces cerevisiae* (puede contener células vivas) que luego se seca y mezcla con un vehículo en base a granos.

2.3.1 Levaduras y sus derivados

Las levaduras son reconocidas como fuentes ricas en vitaminas, aminoácidos, proteínas y otros cofactores importantes, lo que las hace atractivas como auxiliares en la digestión y como una fuente básica de nutrientes. Tienen la capacidad de mantener su actividad metabólica en condiciones de anaerobiosis, desecación, calentamiento y pH bajo, lo que permite su uso en la dieta de rumiantes (Graminha et al., 2016). *Saccharomyces spp* es una levadura heterótrofa que obtiene su energía a partir de la glucosa y tiene una elevada capacidad fermentativa (Querol et al., 2003). Dentro del género *Saccharomyces*, las especies más utilizadas para la nutrición animal son *Saccharomyces cerevisiae* y en menor proporción *Saccharomyces boulardii* (Suárez-Machín & Guevara-Rodríguez, 2017).

2.3.1.1 Mecanismos de acción

El modo en que las levaduras actúan en el metabolismo animal depende del producto suministrado, ya que hay diferencias según se trate de cepas vivas o de cultivo de levaduras. Además, las levaduras vivas presentan únicamente propiedades probióticas, mientras que los cultivos, tienen tanto propiedades probióticas como prebióticas (Alugongo et al., 2017).

Las especies *Saccharomyces cerevisiae* y *Aspergillus oryzae* pueden interactuar con los microorganismos del rumen; al ser aerobias tienen afinidad por el oxígeno y por ello se adhieren a las partículas sólidas recién ingeridas ya que presentan trazas de oxígeno en el microambiente que las rodea. De esta manera las levaduras eliminan el oxígeno del rumen y producen etanol, glicerol, péptidos y aminoácidos que son fuente de alimento para otras bacterias del rumen como las celulolíticas (anaerobias estrictas), formando así una “estructura de micro-consorcio” entre las partículas sólidas recién ingeridas, las levaduras y las bacterias del rumen (Jouany, 2006).

Las levaduras, como organismos vivos, son definidas como probióticos, y deben ser incorporadas en la dieta de forma continua para actuar como aditivo nutricional y generar una mejora en la performance animal y en la eficiencia de conversión dada por un aumento de los microorganismos anaeróbicos benéficos, una simbiosis con el huésped, mejorando así su sistema digestivo, de manera eficiente y segura para el consumidor (Brown, 2011; Téllez, 2008 como se cita en Suárez-Machín & Guevara-Rodríguez, 2017).

Se ha reportado una incidencia sobre la microflora ruminal estimulando el crecimiento de bacterias que utilizan el lactato como fuente de energía, permitiendo evitar caídas abruptas del pH ruminal de manera indirecta. Este cambio de pH a consecuencia de la disminución de acumulación de lactato favorece el crecimiento de bacterias celulolíticas logrando una mayor digestión de la fibra y producción de ácidos grasos volátiles (Doležal et al., 2011; Silveira Pimentel et al., 2022).

A su vez la importancia del uso del lactato como fuente de energía radica en la síntesis de propionato como producto final de la fermentación, aumentando de esta manera la energía destinada al animal (Silveira Pimentel et al., 2022).

Si bien la investigación concluye que la utilización de productos originados a partir de cultivos de *Saccharomyces cerevisiae* se relaciona con una mejora en la

fermentación ruminal (Lesmeister et al., 2004), aún no se encuentra totalmente definido el modo de acción de dichos productos que contienen no sólo las levaduras vivas, pero también los productos de cultivos de *S. cerevisiae*. Según Ballou (2014) la mejora del ambiente ruminal se da a través de una disminución de las interacciones entre los patógenos y las células del tracto gastrointestinal de los terneros.

Por otra parte, los cultivos de levadura no dependen de levaduras vivas para ejercer efectos fisiológicos después de su ingesta y su composición se basa en una mezcla de micronutrientes constituidos por contenidos celulares solubles, vitaminas, minerales, proteínas, péptidos, aminoácidos, lípidos, ácidos orgánicos, ésteres y alcoholes, vitaminas B, polifenoles, ácidos orgánicos, antioxidantes y compuestos de la pared celular de la levadura como β -glucanos y manano oligosacáridos. En su mayoría sus efectos en la performance animal se atribuyen a los compuestos de la pared celular de levaduras (Silveira Pimentel et al., 2022).

Los componentes de la pared celular de las levaduras son clasificados como prebióticos definidos como compuestos no digeribles capaces de estimular selectivamente el crecimiento y/o la actividad de una microbiota específica que resulta beneficiosa para la salud del huésped (Pandey et al., 2019). Los β -glucanos, los manano-oligosacáridos y la D-manosa, confieren efectos positivos tanto sobre la salud como sobre el desempeño productivo animal, debido a su capacidad para modular la respuesta del sistema inmune y para unirse a bacterias patógenas Gram negativas (Ganner & Schatzmayr, 2012; Nocek et al., 2011), facilitando su eliminación del tracto gastrointestinal (Neubauer et al., 2018; Nocek et al., 2011).

Asimismo, contribuyen a la reducción de poblaciones bacterianas fermentadoras de almidón y utilizadoras de amonio, particularmente del género *Bacteroides*, y funcionan como sustrato para bacterias celulolíticas del género *Ruminococcus*, promoviendo su proliferación incluso bajo condiciones de dietas con alta proporción de concentrados (Neubauer et al., 2018). Estos efectos se traducen en un incremento de la digestibilidad aparente de la fibra y en el mantenimiento de un pH ruminal dentro de rangos fisiológicos óptimos, lo cual favorece la degradación de la celulosa (Kröger et al., 2017; Lei et al., 2013), con un efecto positivo sobre la ganancia media diaria y la eficiencia alimenticia, así como una disminución en las concentraciones de proteínas de fase aguda, asociada a una supresión de la respuesta inflamatoria en novillos de carne (Lei et al., 2013).

Más específicamente, Celmanax™ presenta un efecto postbiótico, dado por la presencia de los subproductos beneficiosos o componentes inactivos producidos por las levaduras; y un efecto prebiótico, generado por la presencia de D-manosa, β -glucanos y manano oligosacáridos, los cuales se obtienen a través de la hidrólisis enzimática de la pared celular de las levaduras, proceso que no ocurre comúnmente de forma natural, dado que las enzimas específicas capaces de descomponer la pared celular de las levaduras no son abundantes en el tracto gastrointestinal de los mamíferos (Spring et al., 2000). A partir de los manano oligosacáridos se puede estimular de manera indirecta el desarrollo de bacterias benéficas como los *Lactobacillus*, y junto con la D-manosa, generan un efecto de reducción en la colonización por *Escherichia coli* y *Salmonella* dado que estos compuestos se ligan al pili de estas bacterias afectando negativamente la adhesión de las mismas (Fairchild et al., 2001; Heinrichs et al., 2003; Spring et al., 2000; Terré et al., 2007). Los β -glucanos se ligan a las micotoxinas impidiendo que

impacten negativamente sobre la performance animal, y además actúan sobre la modulación del sistema inmune, lo prepara para responder (Fadl et al., 2020; Van den Abbeele et al., 2020). Por último, el compuesto generado por la unión entre los RFCs™ con aminos (compuestos orgánicos residuales), interfiere con la infección parasitaria de *Cryptosporidium* y *Eimeria* (Arm and Hammer Animal Nutrition, 2016), ésto hace a Celmanax™ muy atractivo para utilizarse en terneros de destete precoz a corral ya que son una categoría que presenta alta incidencia de coccidios que pueden generar trastornos digestivos.

2.3.1.2 Efectos sobre la performance

Según Fallon (1987, como se cita en Álvarez Nogal, 1995), el uso de probióticos como complemento alimenticio en la alimentación de terneros tiene como efecto principal el aumento de la ganancia de peso, debido a un aumento del consumo voluntario y una mejora en la eficiencia de conversión. Esta mayor eficiencia responde a una mejor digestibilidad del alimento, sin embargo, el aumento en la ingestión no es sino una consecuencia indirecta de la elevación del pH ruminal que los cultivos de levaduras generan (Álvarez Nogal, 1995).

Wagner et al. (2016) tras llevar a cabo un metaanálisis que abarca 18 experimentos (1981 - 2011), donde en cada uno de ellos se evaluó los efectos de la inclusión de los productos de la fermentación de *Saccharomyces cerevisiae* en la performance de novillos y vaquillonas en condiciones de confinamiento, reportaron un incremento del 1% en el consumo de materia seca (CMS) y del 6,5% en la GMD, y una mejora del 2,6% en la eficiencia de conversión (EC), resultados comparados con tratamientos donde no se realiza la incorporación de productos moduladores de la fermentación provenientes de *Saccharomyces cerevisiae*. Sin embargo, Sartori et al. (2017) reportaron mediante otro metaanálisis que la adición de *S. cerevisiae* viva en la dieta disminuye el CMS sin modificar la GMD, por lo que aumenta la EC del alimento.

Salinas-Chavira et al. (2018) evaluaron el efecto de la inclusión de una levadura hidrolizada enzimáticamente (Celmanax™) sobre el desempeño de novillos Holstein, reportando una mejora en el consumo de materia seca y la ganancia diaria de peso durante 336 días de estudio, mostrando niveles óptimos de respuesta con una dosis de 195 mg/kg MS de alimento. Esta respuesta en GMD sería consecuencia de un aumento en el consumo de alimento, ya que tanto la eficiencia de conversión del alimento como la energía neta de la dieta no fueron afectadas en sí mismas.

Para este mismo aditivo (Celmanax™) pero en vaquillonas (227 días de edad), McCarty et al. (2022) midieron el nivel de *Escherichia coli* y *Clostridia* en muestras fecales para luego determinar si se trataba de *Clostridium perfringens* y *Escherichia coli* patógeno, luego de un evento estresante como lo es el transporte, a los 60 días del período experimental. A las 24 horas del evento estresante, los niveles de *E. coli* y *C. perfringens* fueron menores en las muestras fecales de los animales que incluyeron Celmanax™ (CEL) en su dieta ($P = 0,036$), comparados con el testigo que contaba con harina de germen de maíz. Por otra parte, los niveles de *Clostridia* y *Escherichia coli* patógeno no se definieron entre tratamientos ($P = 0,941$). Asimismo, todas las poblaciones menos *E. coli* patógeno descendieron a los 7 días del evento en comparación a los niveles a las 24 horas ($P \leq 0,009$).

Baines et al. (2013) midieron el nivel de infecciones por *Escherichia coli* productora de toxina Shiga (STEC por sus siglas en inglés), en terneros lecheros de destete precoz alimentados con raciones de iniciación, utilizando el Celmanax™ como aditivo nutricional. Determinaron que la utilización de Celmanax™ en la dieta eliminó la excreción de STEC en las heces, así como las pérdidas por morbilidad y mortalidad.

McCarty et al. (2022) en el mismo estudio mencionado anteriormente, midieron los niveles de genes asociados a la expresión de citocinas, durante los 60 días de tratamiento previo al evento estresante. Determinaron que todos los niveles de los genes medidos (interferón γ , interleucina-8 y haptoglobina) fueron menores para CEL, comparado con el tratamiento testigo ($P < 0,001$).

Ponce et al. (2012) demuestra a través de un experimento con vaquillonas, como la inclusión de derivados de las levaduras (Celmanax™ a razón de 1,8 g/d de pared celular de levaduras hidrolizadas enzimáticamente y metabolitos celulares de las levaduras diluidas en un vehículo hasta llegar a una dosis de 14g/d) aumenta en un 8,7% la ganancia media diaria, lo cual no se debe a una mejora en la EC sino al incremento del consumo por parte de las vaquillonas. A su vez Salinas-Chavira et al. (2018) confirman estos resultados en novillos en terminación, que al incluir Celmanax™ en la dieta se produce un aumento de la GMD debido al mayor consumo de alimento y no por una mayor eficiencia de conversión.

En condiciones nacionales, liderado por el equipo de investigación de la UPIC de la Facultad de Agronomía, se han evaluado en diferentes categorías, el uso de Celmanax™ y aceites esenciales como sustituto de la monensina en dietas de corral.

Alayón et al. (2023) evaluaron estos aditivos en terneras Hereford de sobreaño bajo un sistema de alimentación diferencial del ternero (ADT), en el cual no se reportaron diferencias significativas para las variables productivas como GMD, peso vivo (PV), CMS y EC; lo cual permite concluir en la factibilidad de sustituir la monensina sódica por aceites esenciales o Celmanax™.

Por otra parte, Ferrés et al. (2023), analizaron la inclusión de aceites esenciales (AE) y Celmanax™ como sustitutos de la monensina sódica en 48 novillos de 2 años bajo un sistema de engorde a corral, en el cual no se reportaron diferencias significativas para PV, GMD, altura al anca, CMS, EC ni digestibilidad de la materia seca (DMS). Esto permite concluir que en categorías adultas también es viable la sustitución de monensina con aditivos de origen natural como los AE y Celmanax™, logrando igual performance animal.

Más específicamente para el caso de terneros en régimen de DPC, no se observaron diferencias significativas entre los animales suplementados con los aditivos naturales y aquellos a los que se les suministró monensina sobre las variables de interés productivo tales como, eficiencia de conversión, peso final, ganancia media diaria, consumo de MS y pH ruminal. Sin embargo, cuando se comparó entre fuentes alternativas, los animales a los cuales se les suministró Celmanax™ presentaron un mejor desempeño que aquellos que recibieron aceites esenciales, finalizando el periodo experimental con un mayor peso final, mayor GMD, y mayor consumo relativo de alimento (kg/ 100 kg PV), lo que sugeriría un mejor ambiente ruminal (Leites et al., 2022).

Estas investigaciones realizadas en UPIC (Alayón et al., 2023; Ferrés et al., 2023; Leites et al., 2022), son el preámbulo al estudio realizado en el presente trabajo

de investigación, dado que la posibilidad de utilizar aditivos de origen natural, más específicamente Celmanax™, es una tecnología en desarrollo para la mejora de la performance animal. Es importante destacar que la dieta evaluada en los antecedentes de DPC estaba compuesta por un 20% de heno de alfalfa como fuente de fibra larga, lo cual la hace una dieta segura desde el punto de vista digestivo, ya que asegura la rumia e insalivación para mantener un correcto pH ruminal. Por lo cual evaluar este tipo de aditivo en una dieta aún más concentrada, que representa un desafío mayor para el animal, surge como una nueva interrogante.

A su vez, los derivados de levadura, principalmente la fracción de pared celular rica en β -glucanos y manano-oligosacáridos, se unen a bacterias enteropatógenas e impiden su adhesión a la mucosa intestinal, mejorando así la eficiencia de absorción de nutrientes (Ganner & Schatzmayr, 2012). Asimismo, Nocek et al. (2011) afirma que en bovinos de leche en lactancia temprana la suplementación con cultivos de levadura y levaduras hidrolizadas demuestra un aumento en el desempeño productivo y en el consumo del animal.

Danielo et al. (2020) encontraron que el suministro de Celmanax™ en vaquillonas (227 \pm 7 días de edad) aumentó la ganancia media diaria ($P = 0,04$) y disminuyó la EC ($P = 0,036$). Asimismo, redujo los niveles de cortisol ($P = 0,002$) en comparación con un tratamiento testigo con la inclusión de germen de maíz en su dieta. El nivel de cortisol aumentó durante el experimento para ambos tratamientos ($P = 0,049$), probablemente por ser un experimento en corrales (16,4m² por animal) (Danielo et al., 2020). Por otra parte, luego de los 60 días de tratamiento, frente a un estímulo de estrés (transporte) las vaquillonas que contuvieron Celmanax™ en su dieta presentaron menores niveles de cortisol ($P < 0,05$) durante las siguientes 24 horas al evento.

Estos beneficios extra nos permiten hipotetizar sobre un beneficio extra del uso de este tipo de aditivo sobre el bienestar, confort y manejo del estrés por parte de los animales, especialmente en una categoría tan sensible como los son los terneros de destete precoz que deben enfrentar la separación de su madre y la adaptación a un nuevo ambiente y una nueva dieta.

2.4 Hipótesis

La sustitución de monensina sódica por un aditivo natural compuesto por la pared celular de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) hidrolizadas, los metabolitos producto de su fermentación y el medio de su cultivo, permitirá lograr un mayor consumo de alimento, mejor digestibilidad de la dieta y una reducción en el nivel de cortisol, alcanzado una mayor ganancia diaria y una mejor eficiencia de conversión del alimento en terneros destetados precozmente alimentados a corral con una dieta sin fibra larga.

3. Materiales y métodos

3.1 Localización y período experimental

El siguiente trabajo experimental fue llevado a cabo en la Estación Experimental "Dr. Mario Alcides Cassinoni" (EEMAC, Facultad de Agronomía), ubicada en el departamento de Paysandú al noroeste de la República Oriental del Uruguay, sobre la ruta nacional 3, en el kilómetro 363. Precisamente en la UPIC ubicada en 32° 23' 14.9" latitud sur, 58° 02' 35.1" latitud este a 48,6 metros sobre el mar, en donde se instalaron los corrales de encierro. El trabajo tuvo una duración de 73 días, con un periodo preexperimental de 17 días.

3.2 Clima

Durante todo el período del experimento, las temperaturas medias fueron de 24,5°C, con máximas de 30,6°C y mínimas de 19,1°C. Asimismo, se caracterizó el período de estudio con precipitaciones acumuladas por encima de la media histórica (1991-2020) definida por el Instituto Uruguayo de Meteorología (s.f.) para el trimestre de enero, febrero y marzo, en 389 mm, registrando valores durante el período en estudio de 405,2 mm (Estación Meteorológica de la EEMAC).

Del mismo modo, con los datos de temperatura y humedad relativa se determinó el ITH diario para todo el período de evaluación. El mismo fue calculado a partir de registros diarios de temperatura media (T, en °C) y humedad relativa media (HR, en %), utilizando la ecuación propuesta por Mader et al. (2006):

$$ITH = (0,8 \times T) + \left[\left(\frac{HR}{100} \right) \times (T - 14,4) \right] + 46,4$$

En donde:

- T: Temperatura media diaria
- HR: Humedad relativa diaria

A partir del ITH se calculó también el ITH ajustado (ITHaj), el mismo se calcula a partir de registros cada una hora de velocidad del viento (WSPD, en m/s) y radiación solar (RAD, en W/m²), utilizando la ecuación propuesta por el mismo autor antes mencionado:

$$ITHaj = ITH + 4,51 - (1,992 \times WSPD) + (0,0068 \times RAD)$$

En donde:

- WSPD: Velocidad del viento por hora
- RAD: Radiación solar por hora

Los registros climáticos de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar para el período pre-experimental y experimental fueron obtenidos de

promedios de la información relevada cada 15 minutos por la estación meteorológica de la EEMAC (comunicación personal, 5 de junio, 2025).

Para lograr una caracterización del riesgo de estrés térmico que tenían los animales, se utilizó la escala utilizada por Eigenberg et al. (2005), la cual se basa en los criterios establecidos por Hahn (1999) quien define los “Livestock Weather Safety Indexes” (IWSI) de la siguiente manera: valores de ($ITH \leq 74$) no se considera estrés calórico, valores de ($74 < ITH < 79$) se considera “alerta”, valores de ($79 \leq ITH < 84$) se considera “peligro” y valores de ($ITH \geq 84$) se considera “emergencia”.

Para definir la ocurrencia de olas de calor, se determinó que existía un evento cuando se daban al menos tres días consecutivos o más con $ITH_{aj} \geq 74$ (Mader et al., 2004) y menos de 10 horas nocturnas con $ITH \leq 74$ para la recuperación de la normotermia (Valtorta et al., 2004, como se cita en Casanova, 2020). A su vez, para clasificar según categorías en función de la severidad de las olas de calor se utilizó el criterio propuesto por Nienaber et al. (2003) que las clasifica en leve, moderada, moderadamente fuerte, fuerte, severa y extrema en función de la intensidad y duración del evento, en combinación con el tiempo de recuperación nocturna para bovinos.

3.3 Animales y Tratamientos

El experimento se llevó a cabo con 32 terneros de la raza Hereford (Tabla 3), los cuales fueron destetados precozmente el 13 de enero 2025, siguiendo el protocolo establecido en el Manual de Destete Precoz por Simeone y Beretta (2002), que define como criterio que a todos aquellos terneros que tengan al menos 60 días de edad y/o 70 kg PV al momento del destete, se les puede realizar ésta técnica de control del amamantamiento.

Tabla 3
Caracterización de animales utilizados

Tratamiento	MON	CEL
Peso Nacimiento (kg)	31,0 ± 5,6	36,5 ± 5,2
Edad al Destete (días)	71 ± 10	70 ± 11
Peso al Destete (kg)	86,9 ± 11,7	88,9 ± 12,7

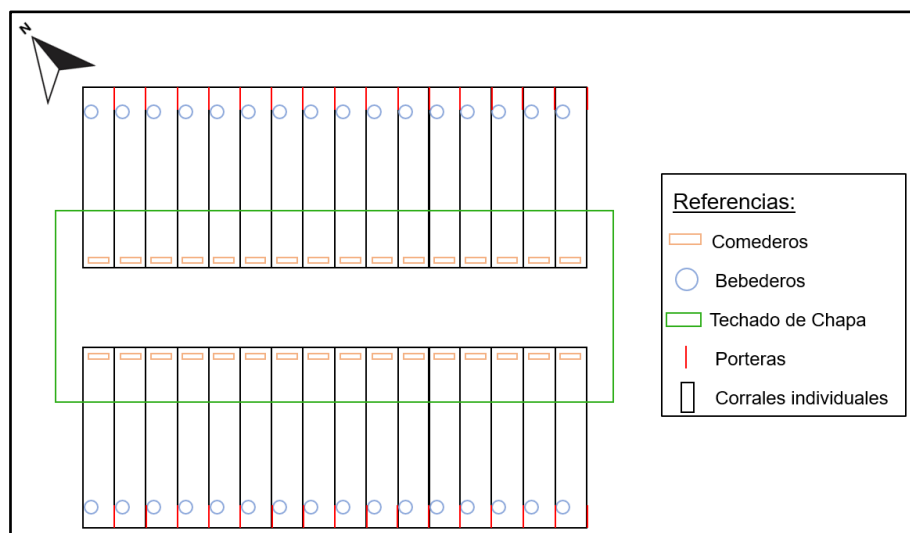
Los animales fueron estratificados por peso vivo y asignados al azar a uno de los dos tratamientos (n=16/tratamiento). Ambos tratamientos recibieron la misma dieta suministrada *ad libitum*, diferenciándose únicamente en el aditivo incorporado: 1) una RTM comercial con al menos 18% de proteína y la inclusión de 17% de grano entero de avena (GEA) como fuente principal de fibra efectiva, que incluye monensina en una concentración de 50 mg/kg (MON - testigo positivo) y 2) la misma RTM comercial mencionada anteriormente, sin la inclusión de monensina a la cual se le agregó *top-dressed* 3,5 g por comida (7 g por día) de un aditivo derivado de levaduras denominado Celmanax™ Dry; (Church & Dwight Co., Inc. Princeton, NJ) (CEL).

Durante el período experimental, los animales fueron alojados en corrales individuales de distribución espacial uniforme (superficie: 11,57 m²), delimitados con cercos eléctricos y semi-techados. Cada corral presentaba un comedero de plástico de 1m x 0,5m x 0,25m y un bebedero individual de material plástico de 100 litros, ubicando los comederos en el área techada para minimizar el estrés calórico durante el consumo y asegurar el mismo en los días de lluvia (Figura 3).

El manejo sanitario, recolección de heces, peso vivo de los animales y extracción de sangre de los mismos se desarrolló en mangas metálicas de Farmquip ubicadas a un lado del experimento. Las mangas contaban con huevo, tubo y cepo.

Figura 3

Distribución de corrales de encierro durante período experimental



3.4 Procedimiento experimental

3.4.1 Período de acostumbramiento y retiro de fibra larga

Una vez destetados los terneros, se dividieron en dos grupos según el tratamiento asignado, a los cuales se les realizó un período de acostumbramiento a la dieta, siguiendo el protocolo propuesto en el Manual de Destete Precoz por Simeone y Beretta (2002), en donde los primeros 2 días sólo se les ofreció agua y sombra.

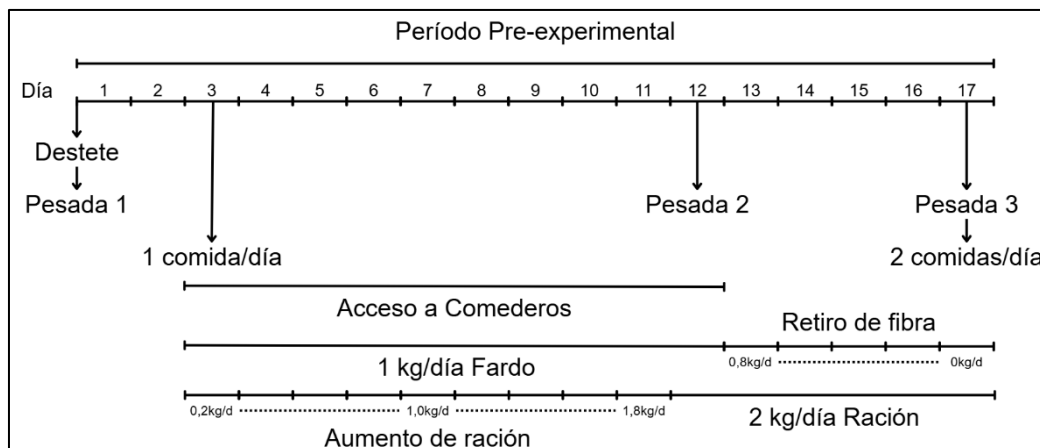
Posteriormente, durante los siguientes 10 días se les brindó 1% PV de heno de alfalfa diariamente y ración totalmente mezclada (RTM), diferenciada según tratamiento, iniciando en 0,2 kg MS/animal el primer día, aumentando de a 0,2 kg MS/animal/día. El día 12 resultó una dieta de 2,0 kg MS/animal de RTM y 1%PV de heno. Asegurando de esta manera que todos los animales recibieran el tratamiento correspondiente desde el primer día de alimentación.

Al finalizar esta etapa, se realizó la extracción de la fibra larga a razón de 20% por día, resultando al día 17 una dieta basada solamente en la RTM comercial descrita anteriormente. Desde el primer día de alimentación, los animales recibieron su tratamiento por separado, MON la RTM con monensina sódica incluida y CEL la RTM y el aditivo natural a través de la metodología explicada anteriormente. En la Figura 4 se

pueden observar las actividades realizadas y la cronología de las mediciones durante el período de acostumbramiento.

Figura 4

Línea de tiempo con las actividades realizadas para el período de acostumbramiento



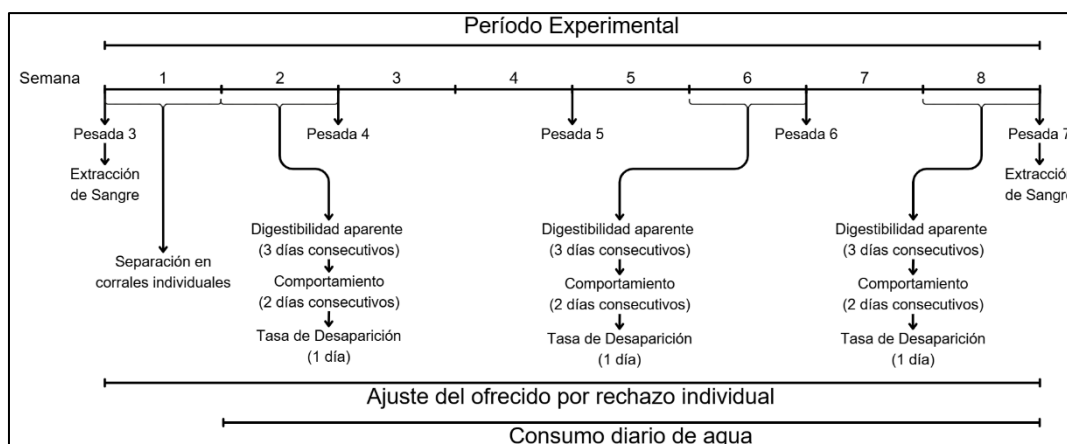
3.4.2 Período experimental

A partir del día 17 (29/01) comenzó el período experimental propiamente dicho, en donde los animales fueron separados progresivamente dentro de los tratamientos, día a día, hasta quedar cada uno en un corral individual (día 21 experimental). Una vez establecidos los 32 corrales individuales, se ofreció la RTM *ad libitum* a cada animal, la cual fue suministrada todos los días de manera rutinaria, dividida en dos comidas iguales; la primera a las 7:00 hs y la segunda a las 14:00 hs agregando el aditivo de origen natural a CEL top-dressed.

Antes de la primera comida, se realizaba una corrección diaria en la cantidad ofrecida, en función del rechazo observado en cada animal. La cual se regía bajo los siguientes criterios; si el animal dejaba dos días seguidos más del 20% de rechazo, se le disminuía el alimento un 5% diariamente hasta que el rechazo fuera menor al 20%. Asimismo, si el animal dejaba dos días seguidos el comedero vacío, se le aumentaba un 5% el alimento ofrecido diariamente hasta que existiera un rechazo. Por último, si existía rechazo, pero él mismo era menor al 20%, se mantenía el ofrecido. Este manejo se basó en el concepto de que un animal que rechaza el 15% o más del alimento que se le ofrece se puede considerar como una alimentación *ad libitum*. Al igual que para el período pre-experimental, en la figura 5 podemos observar las actividades realizadas y las mediciones tomadas para el período experimental y su cronología.

Figura 5

Línea de tiempo con las actividades realizadas para el período experimental



3.4.3 Manejo sanitario

Durante el período experimental, los animales fueron vacunados con una primera dosis (5ml) el 13 de enero y una segunda dosis (5ml) el 13 de febrero con "CD Vac Feedlot", una vacuna preventiva contra enfermedades respiratorias, nerviosas y oculares de origen viral. Además, se les aplicó una dosis (2 ml) de endectocida inyectable "4x2" el 13 de febrero, el mismo se compone de Ivermectina al 1%, para el control de endo y ectoparásitos. A su vez diariamente se realizó un monitoreo por incidencia de queratoconjuntivitis en los terneros, cuando se constató la infección se utilizó polvo oftálmico las veces que fueron necesarias para mitigar la enfermedad.

3.5 Registro y mediciones

3.5.1 Registro de peso vivo y consumo de alimento

Los animales se pesaron el día del destete (13/01), al finalizar el acostumbramiento (24/01), el día de inicio de período experimental (29/01) y luego cada 14 días hasta la última pesada que se realizó el 26 de marzo. El peso de los animales se realizó siempre a primera hora de la mañana, antes de la primera comida, sin orden preestablecido ni ayuno previo. Se pesaron con un Juego de Barras marca Negri, Quartino & Ferrario, capacidad: hasta 1.500 kg, apreciación: desde 200 a 500 g, Largo: desde 40cm a 1 m y precisión de 0,01 kg. La ganancia media diaria de peso se estimó a través de la recta de la regresión del peso vivo en el tiempo.

Se llevó a cabo el registro de consumo de materia seca (CMS) diario de cada uno de los animales mediante la cuantificación del total ofrecido en kg MS y el rechazo individual a primera hora de la mañana. Para obtener el contenido de MS del alimento ofrecido y rechazado se tomó una muestra semanal del ofrecido y del rechazo por tratamiento, las cuales se llevaron a estufa de aire forzado durante 48 horas a 60°C hasta que el peso de las muestras fue constante. Las muestras fueron reservadas para posterior molienda en molino de martillo (Wiley mill) con un tamiz de 1mm, y análisis químico correspondiente.

3.5.2 Acceso a comederos

Una vez suministrada la comida, durante los primeros 10 días del período pre-experimental, se mide el número de terneros en los comederos, cada 1 minuto y durante los primeros 15 minutos en que tienen el alimento disponible. Luego se realiza el promedio de terneros consumiendo por día, para poder diagramar en cuantos días los terneros se acostumbran a comer en comederos la nueva dieta ofrecida.

3.5.3 Patrón de comportamiento animal

Se observó el comportamiento animal durante las horas luz, desde las 7:00 a las 19:00hs, registrando cada 10 minutos la actividad del animal: consumo de alimento (CMS), rumia (R), descanso parado (DP), descanso echado (DE) o consumo de agua (CA). Con el fin de disminuir el error experimental en la toma de datos, se realiza dicho control tres veces: en la semana 2, 6 y 8 del período experimental, dos días en cada una de ellas.

3.5.4 Tasa de desaparición del alimento

Se cuantificó la tasa de desaparición del alimento en el comedero cada 30 minutos, durante las horas luz, utilizando una balanza de mano, con tolerancia de 50 kg y precisión de 0,005 kg. Una vez que se le suministraba la primer comida del día (7:00 hs), a los 30 minutos se recogía el alimento de los comederos individualmente y se pesaba cada uno para estimar la tasa de desaparición del alimento, una vez culminado el registro de los datos aportados por la balanza manual se devolvía el alimento al comedero, se reiniciaba el conteo de 30 minutos y se repetía el proceso hasta llegar a las 19:00hs.

Asimismo, se registró el rechazo al día siguiente (7:00 hs) para calcular el consumo nocturno de los animales. Dicha medición se realizó 3 veces durante el período experimental, un día en cada semana (semanas 2, 6 y 8).

3.5.5 Digestibilidad aparente

Durante el experimento se realizó la recolección parcial de heces para poder realizar una estimación de la digestibilidad del alimento, a través del uso de cenizas insolubles en ácido como marcador interno. Se tomaron muestras tres días consecutivos, directamente desde el recto del animal, en las semanas 2 y 8 del periodo experimental. Las muestras fueron inmediatamente colocadas en una conservadora para detener el proceso de fermentación, y posteriormente congeladas a -18°C , hasta su posterior procesamiento.

Luego de finalizado el experimento, se descongelaron las muestras a temperatura ambiente, se armaron muestras compuestas por animal y por período de medición, las cuales fueron secadas a estufa de aire forzado durante 96 a 120 horas a 60°C hasta que el peso de las muestras fue constante. Luego se molieron las muestras en un molino martillo (Wiley mill) con un tamiz de 1mm. Por último, se enviaron las muestras al Laboratorio de Análisis Químico de EEMAC para analizar el contenido de cenizas y cenizas insolubles en ácido.

Durante los días de extracción de heces 1, 2 y 3, se realizó la recolección de los rechazos individuales de todos los animales. Asimismo, con un día de diferencia: días 0, 1 y 2, se realiza una muestra compuesta por tratamiento del alimento ofrecido.

Tanto los rechazos individuales como el alimento ofrecido se llevaron a estufa de aire forzado durante 48 horas a 60°C hasta que el peso de las muestras fue constante para determinar el %MS. Luego de esto se molieron las muestras en un molino martillo (Wiley mill) con un tamiz de 1mm y se generaron muestras compuestas por animal y por período de medición siendo éstas enviadas al Laboratorio de Análisis Químico de EEMAC para analizar el contenido de cenizas y cenizas insolubles en ácido.

3.5.6 Extracción de Sangre

La extracción de sangre se realizó con el objetivo de medir el nivel de cortisol en plasma, en dos momentos del periodo experimental. Se tomaron muestras de la vena yugular en el día 1 (29/01) y en el día final (26/03) del periodo experimental a cada uno de los animales, en tubos conteniendo heparina como anticoagulante. Las muestras inmediatamente se colocaron en una conservadora con refrigerantes y se enviaron a un laboratorio privado directamente al finalizar la extracción para realizar las mediciones correspondientes. El laboratorio midió el nivel de cortisol en plasma (ug/dl) a través de un inmunoensayo con detección por electroquimioluminiscencia (ROCHE, plataforma Cobas e411).

3.6 Variables calculadas

3.6.1 Ganancia media diaria (GMD)

La GMD se calculó para el período pre-experimental y para el período experimental por separado, mediante la pendiente de la recta obtenida al hacer la regresión lineal entre el peso vivo sobre las fechas de pesadas:

$$GMD (kg PV/día) = Pendiente \left(\frac{PV_1, PV_2, \dots, PV_n}{Fecha_1, Fecha_2, \dots, Fecha_n} \right)$$

3.6.2 Eficiencia de conversión

Se estimó la eficiencia de conversión de cada uno de los animales para el período pre-experimental y para el período experimental por separado, de la siguiente manera; consumo de materia seca promedio, expresado en kg sobre la ganancia media diaria expresada en kg:

$$EC (kgMS/kgPV) = \frac{CMS \text{ promedio } (kgMS)}{GMD (kgPV)}$$

3.6.3 Digestibilidad del alimento

La digestibilidad del alimento se realizó para cada animal, en dos momentos del período experimental (semana 2 y 8). Con las muestras de heces, alimento ofrecido y rechazo del mismo, se estimó la digestibilidad total aparente de la materia seca (DMS) y de la materia orgánica (DMO) a través del modelo propuesto por Van Keulen y Young (1977) mediante la utilización de cenizas insolubles en detergente ácido (AIA) como marcador interno, utilizando las siguientes ecuaciones:

$$CI_{dieta} = \left(\frac{(Kg \text{ ofrecidos} \times CI_{ofrecido}) - (Kg \text{ rechazados} \times CI_{rechazo})}{Kg \text{ ofrecidos} - Kg \text{ rechazados}} \right)$$

$$DMS(\%) = 100 - \left(100 \times \frac{CI_{dieta}}{CI_{heces}} \right)$$

$$DMO(\%) = 100 - \left(100 \times \frac{CI_{dieta} \times MO_{heces}}{CI_{heces} \times MO_{dieta}} \right)$$

En donde:

- CI_{dieta} : Cenizas insolubles en detergente ácido en la MS de la dieta efectivamente consumida, en %.
- $CI_{ofrecido}$: Cenizas insolubles en detergente ácido en la MS del alimento ofrecido, en %.
- $CI_{rechazo}$: Cenizas insolubles en detergente ácido en la MS del alimento rechazado, en %.
- CI_{heces} : Cenizas insolubles en detergente ácido en la MS de las heces, en %.
- MO_{heces} : Materia orgánica en heces, en %.
- MO_{dieta} : Materia orgánica en dieta, en %.

3.7 Análisis químico de los alimentos

Para realizar el análisis se tomaron muestras de ración y heno ofrecido y rechazado una vez por semana durante el periodo experimental, las cuales conformaron muestras compuestas finales que fueron enviadas al laboratorio.

Las muestras de alimento ofrecido y alimento rechazado fueron procesadas por el Laboratorio de Análisis Químico de la EEMAC a las cuales se les determinó el contenido de materia seca (MS; Latimer, 2012, método 934.01), cenizas (C; Latimer, 2012; método 942.05), proteína cruda (PC; Latimer, 2012; método 984.13), fibra detergente neutro (FDN; Van Soest et al., 1991) y fibra detergente ácido (FDA; Van Soest et al., 1991).

El contenido de FDA y FDN fue determinado de forma secuencial (Ankom Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corp.; Fairport, NY, USA). Los análisis fueron repetidos cuando el coeficiente de variación fue mayor a 5%.

La digestibilidad de la materia seca del alimento se determinó a través del método indirecto utilizando cenizas insolubles en detergente ácido como marcador interno (Van Keulen & Young, 1977); siendo cuantificado en el alimento ofrecido, rechazo y heces.

Asimismo, se calculó la EM a través de la digestibilidad de la materia orgánica y a través de la fibra detergente ácida corregida por cenizas, ambos métodos propuestos por NRC (2000), en donde:

$$ED \text{ (Mcal/kg MS)} = 4.409 \times \text{DigMO}$$

$$EM \text{ (Mcal/kg MS)} = 0.82 \times ED$$

Y, por otra parte:

$$\text{TDN (\%MS)} = 88.9 - (0.79 * \text{FDA}_{\text{mo}})$$

$$ED \text{ (Mcal/kg MS)} = 0.04409 \times \text{TDN (\%MS)}$$

$$EM \text{ (Mcal/kg MS)} = 0.82 \times ED$$

Por último, se estimó la digestibilidad de la materia seca in vitro, según el modelo publicado por Di Marco (2011), en donde: $\text{DIVMS\%} = 88.9 - (\text{FDA\%} \cdot 0.779)$ que resulta en el mismo valor de TDN propuesto en NRC (2000).

3.8 Análisis estadístico

El experimento se analizó según un diseño completamente al azar, donde cada ternero fue la unidad experimental, con 16 repeticiones por tratamiento ($n=16$). Se consideró el efecto fijo del tratamiento, y para aquellas medidas que fueron repetidas en el tiempo se incorporó al modelo el efecto del momento de la medición y la interacción correspondiente

Se consideraron diferencias significativas cuando $P < 0,05$, y se asumieron tendencias cuando $0,10 < P > 0,05$. Las medias ajustadas fueron comparadas mediante test de Tukey. Cuando la interacción fue significativa, se realizaron comparaciones de tratamientos dentro de cada semana/día.

Para las variables de peso vivo y ganancia de peso:

Fueron analizadas mediante un modelo lineal mixto utilizando el procedimiento PROC GLIMMIX (SAS® OnDemand for Academics, SAS Institute. Inc., Cary, NC). En el modelo se incluyeron como efectos fijos el tratamiento (T), el día de medición (Día), y la interacción T × Día, incorporando además el peso vivo inicial (PV inicial) como covariable. Debido a que se realizaron mediciones repetidas en cada ternero a lo largo del tiempo, se consideró una estructura de covarianza autorregresiva de primer orden [AR (1)] para modelar la correlación entre observaciones sucesivas dentro de cada animal.

El modelo estadístico general puede expresarse como:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \text{Día}_j + (T \times \text{Día})_{ij} + \beta (\text{PV inicial}_{ijk}) + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = peso vivo del ternero k sometido al tratamiento i en el día j;
- μ = media general;

- T_i = efecto fijo del tratamiento;
- $Día_j$ = efecto fijo del día de medición;
- $(T \times Día)_{ij}$ = efecto de la interacción entre tratamiento y día;
- β = coeficiente de regresión asociado al peso vivo inicial (PV inicial);
- ε_{ijk} = error residual, asumido normalmente distribuido con media cero y varianza constante, con estructura de correlación AR (1) dentro de cada ternero.

Para las variables de comportamiento:

Fueron analizadas mediante un modelo lineal generalizado mixto con distribución binomial, utilizando el procedimiento PROC GLIMMIX del software SAS. En el modelo se incluyeron como efectos fijos el tratamiento (T), la semana (S), el día anidado en semana [Día(S)], así como las interacciones tratamiento \times semana ($T \times S$) y tratamiento \times día dentro de semana [$T \times Día(S)$]. Debido a que las observaciones se realizaron de forma repetida dentro de cada caravana, se consideró una estructura de covarianza de simetría compuesta (CS) para modelar la correlación entre observaciones dentro de cada caravana anidada en tratamiento.

El modelo estadístico general se expresó como:

$$\text{logit}_{(p_{ijkl})} = \mu + T_i + S_j + Día(S)_{k(j)} + (T \times S)_{ij} + (T \times Día(S))_{ik(j)} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

- $\text{logit}_{(p_{ijkl})}$ = probabilidad de éxito asociada a la probabilidad de ocurrencia de la actividad observada en la caravana l, correspondiente al tratamiento i, semana j y día k dentro de semana;
- μ = media general en la escala del predictor lineal;
- T_i = efecto fijo del tratamiento;
- S_j = efecto fijo de la semana;
- $Día(S)_{k(j)}$ = efecto del día anidado dentro de semana;
- $(T \times S)_{ij}$ = interacción entre tratamiento y semana;
- $(T \times Día(S))_{ik(j)}$ = interacción entre tratamiento y día dentro de semana;
- ε_{ijkl} = término de error, asumido con distribución binomial y estructura de correlación de simetría compuesta dentro de cada caravana anidada en tratamiento.

Para las variables de digestibilidad, consumo de agua, niveles de cortisol en plasma, tasa de consumo y proporción de consumo:

Los valores fueron analizados mediante un modelo lineal mixto utilizando el procedimiento PROC GLIMMIX del software SAS. En el modelo se incluyeron como efectos fijos el tratamiento (T), la semana (S) y su interacción ($T \times S$).

Debido a que se realizaron mediciones repetidas en cada ternero, se consideró una estructura de covarianza de simetría compuesta (CS) para modelar la correlación entre observaciones dentro de cada ternero anidado en tratamiento. Los grados de libertad se ajustaron mediante el método de Satterthwaite.

El modelo estadístico general se expresó como:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + (T \times S)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = valor de cortisol del ternero k correspondiente al tratamiento i en la semana j;
- μ = media general;
- T_i = efecto fijo del tratamiento;
- S_j = efecto fijo de la semana;
- $(T \times S)_{ij}$ = efecto de la interacción entre tratamiento y semana;
- ε_{ijk} = término de error, asumido normalmente distribuido con media cero y varianza constante, con estructura de correlación de simetría compuesta dentro de cada ternero anidado en tratamiento.

Para el consumo de materia seca:

El consumo de materia seca, expresado en kg y % PV, fue analizado mediante un modelo lineal mixto utilizando el procedimiento PROC GLIMMIX del software SAS. En el modelo se consideraron como efectos fijos el tratamiento (T), la semana (S), la interacción tratamiento \times semana (T \times S) y el día anidado dentro de semana [Día(S)].

Debido a que se realizaron mediciones repetidas en cada ternero, se incorporó una estructura de covarianza autorregresiva de primer orden [AR (1)] para modelar la correlación entre observaciones sucesivas dentro de cada ternero anidado en tratamiento. Los grados de libertad se ajustaron mediante el método de Kenward-Roger.

El modelo estadístico general se expresó como:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + S_j + (T \times S)_{ij} + \text{Día}(S)_{k(j)} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

- Y_{ijkl} = consumo (kg) del ternero l correspondiente al tratamiento i en la semana j y el día k dentro de semana;
- μ = media general;
- T_i = efecto fijo del tratamiento;
- S_j = efecto fijo de la semana;
- $(T \times S)_{ij}$ = interacción entre tratamiento y semana;
- $\text{Día}(S)_{k(j)}$ = efecto del día dentro de semana;
- ε_{ijkl} = término de error, asumido normalmente distribuido con media cero y varianza constante, con estructura de correlación AR (1) dentro de cada ternero anidado en tratamiento.

Para la eficiencia de conversión:

La eficiencia de conversión (EC) fue analizada mediante un modelo lineal utilizando el procedimiento PROC GLIMMIX del software SAS. En el modelo se consideró como único efecto fijo el tratamiento (T).

El modelo estadístico general se expresó como:

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

Donde:

- Y_{ij} = valor de eficiencia de conversión correspondiente al animal j sometido al tratamiento i ;
- μ = media general;
- T_i = efecto fijo del tratamiento;
- ε_{ij} = término de error aleatorio, asumido normalmente distribuido con media cero y varianza constante.

4. Resultados

4.1 Condiciones climáticas

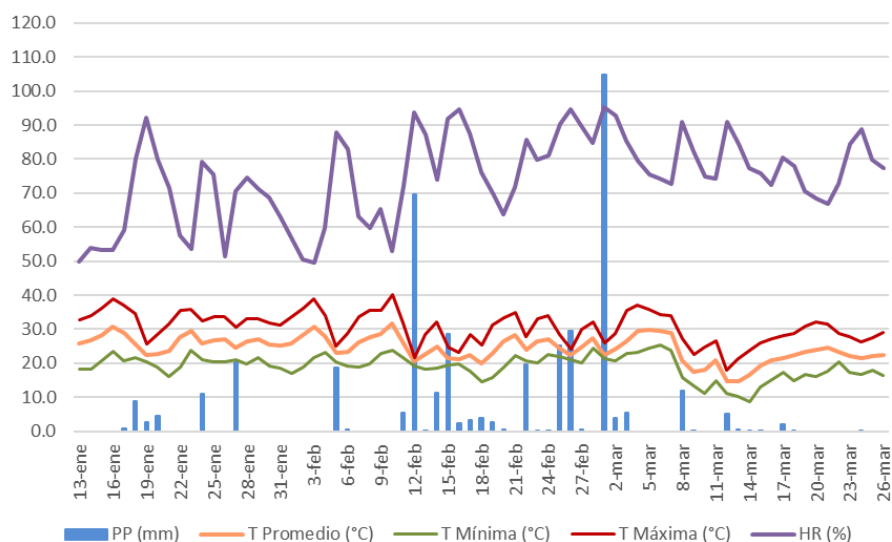
4.1.1 Condiciones generales

Uruguay es un país que presenta un clima templado subtropical húmedo con temperaturas mayores a 22°C en el mes más caluroso y temperaturas entre 0 y 18°C en el mes más frío. No presenta una estación seca marcada y sí presenta una estación de verano calurosa (Peel et al., 2007). Las precipitaciones tienen un régimen isohigro (precipitaciones constantes sin sequías extremas) con valores promedio de 322,75 mm (1991-2020) por trimestre para el departamento de Paysandú específicamente (Instituto Uruguayo de Meteorología, s.f.).

Los datos climatológicos para el período en evaluación mostraron valores promedio para humedad relativa (HR) de 74,6%, precipitaciones acumuladas (PP) de 405,2 mm, temperatura mínima (T mínima) de 19,1°C, máxima de 30,6°C, y temperatura media de 24,5°C (Figura 6).

Figura 6

Datos climatológicos generados a partir de la Estación Meteorológica de la EEMAC



Nota. Elaborado con base en estación meteorológica de la EEMAC (comunicación personal, 5 de junio, 2025).

4.1.2 Índice de Temperatura y Humedad (ITH) e ITH ajustado por viento y radiación

Con el uso de los datos climatológicos generó el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) y el Índice de Temperatura y Humedad ajustado (ITHaj) por velocidad del viento (m/s) y radiación solar (W/m^2) de manera de tipificar el clima en términos de riesgo de estrés calórico en los animales. En la Tabla 4 se presentan las distribuciones horarias y diarias de ambos indicadores, para todo el período de evaluación, categorizadas según lo propuesto por Hahn (1999).

Es de suma importancia destacar que durante el período del experimento (en función del ITHaj) en 74% de los días los animales presentaron algún tipo de estrés calórico, siendo el 38,4% nivel de alerta, 31,5% nivel de peligro y 4,1% nivel de emergencia. Asimismo, podemos observar a través de la distribución de ambos indicadores, que si bien hubieron menos cantidad de horas (41,7% y 58% para ITH e ITHaj respectivamente) con algún nivel de estrés calórico, la cantidad de días con estrés calórico es mayor para ITHaj, esto nos indicaría que si bien la temperatura y humedad no predisponían un nivel de estrés, este igualmente se daba debido a la incidencia de altas radiaciones solares y bajas velocidades de viento que son los parámetros de ajuste que toma el ITHaj (Tabla 4).

Tabla 4

Distribución de ITH según el IWSI por hora y día durante el período en estudio

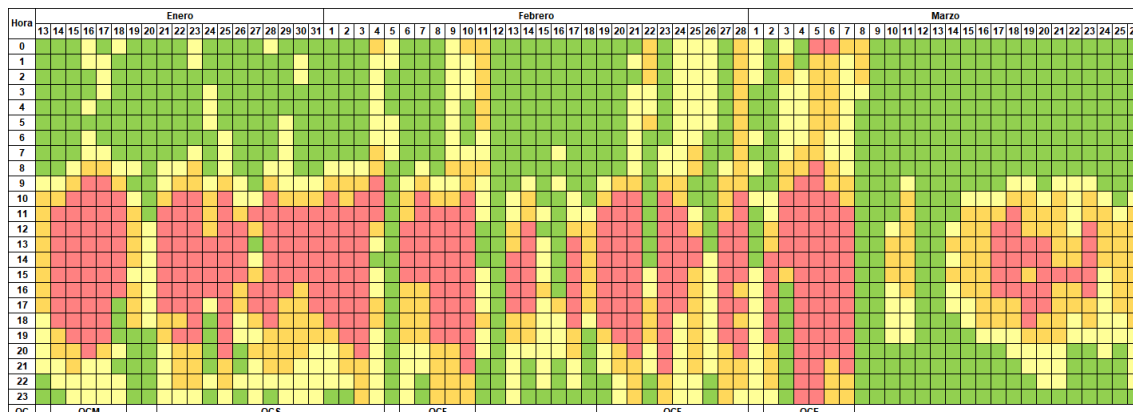
Indicador	Distribución Horaria (% del total de horas)		Distribución Diaria (% del total de días)	
	ITH	ITHaj	ITH	ITHaj
Normal (≤ 74)	58,3	42,0	60,2	26,0
Alerta ($>74 <79$)	21,1	19,4	28,8	38,4
Peligro ($\geq 79 < 84$)	15,6	17,4	11,0	31,5
Emergencia (≥ 84)	5,0	21,2	00,0	4,1

Nota. ITH: Índice de Temperatura y Humedad; ITHaj: Índice de Temperatura y Humedad ajustado por velocidad del viento (m/s) y radiación solar (W/m^2). Los datos comprenden desde el 13 de enero hasta el 26 de marzo.

Al notar una alta incidencia de estrés calórico se determinaron la incidencia de olas de calor, en donde se constató que un 56% de los días indicaron ocurrencia de alguna categoría de ola de calor, determinándose dos momentos críticos, del 21 de enero al 11 de febrero y del 19 de febrero al 7 de marzo (Figura 7), en donde ocurrieron 4 de las 5 olas de calor que surgieron en el período de evaluación. Cabe destacar que del 2 al 7 de marzo los animales experimentaron una ola de calor extrema (OCE) que determina un nivel de emergencia elevado para la salud y desempeño de los mismos. Estos niveles de estrés térmico mantenidos en gran parte del experimento pueden haber afectado el consumo de materia seca (CMS) de los animales (Chase, 2006, como se cita en Angel et al., 2018).

Figura 7

Evolución horaria del ITHaj para todo el período, presentando la ocurrencia de olas de calor



Nota. OC: Ola de calor; OCM: Ola de calor moderada; OCS: Ola de calor severa; OCF: Ola de calor fuerte; OCE: Ola de calor extrema. Colores representan el riesgo de estrés calórico propuesto por Hahn (1999) en función del valor de ITHaj: Verde: Normal; Amarillo: Alerta; Naranja: Peligro; Rojo: Emergencia.

4.2 Dieta: características y composición

Posteriormente al periodo de acostumbramiento, la dieta de los animales fue compuesta en su totalidad por una RTM comercial molida con 17% de grano de avena entero. La composición química de la dieta contó con un 22,45% de proteína cruda (PC) y 2,81 Mcal de energía metabolizable (EM) por kilogramo de RTM calculada a través de la FDA_{mo}%, valor que surge directamente del alimento ofrecido (Tabla 5).

Estos valores son acordes a lo reportado por Beretta et al. (2012), en donde la dieta utilizada para esta categoría debe presentar un mínimo de 18% de PC y 2,7 Mcal/kg de EM. Por otra parte, la EM calculada a través de la DigMO nos indica el nivel de aprovechamiento efectivo de la dieta por parte de los animales, ya que la DigMO es un valor inherente a los animales en estudio, determinando un aporte de 2,37 Mcal/kg de EM para MON y 2,03 Mcal/kg para CEL. La diferencia entre los tratamientos es debido a la diferencia en digestibilidad aparente explicada más adelante.

Tabla 5

Composición química de las raciones totalmente mezcladas y el heno utilizado en el experimento

	MON	CEL	Heno de Alfalfa
MS%	95,03	94,89	94,86
C%	0,0924	0,0873	0,0855
PC%	22,18	22,71	15,75
_a FDN _{mo} %	34,75	33,47	48,51
FDA _{mo} %	14,30	13,81	33,97
%DIVMS	61,83	62,83	51,11
EM por FDA (Mcal/kg)	2,81	2,82	-
EM por DigMO (Mcal/kg)	2,37	2,03	-

Nota. Monensina: RTM con monensina; Levaduras: RTM sin monensina; MS: materia seca; C: cenizas; PC: proteína cruda; _aFDN_{mo}: fibra detergente neutro con amilasa y corregida por cenizas; FDA_{mo}: fibra detergente ácido corregida por cenizas; DIVMS: digestibilidad de la materia seca in vitro; EM por FDA: Energía metabolizable calculada a través de la fibra detergente ácido corregida por cenizas; EM por DigMO: Energía metabolizable calculada a través de la digestibilidad de la materia orgánica calculada por cenizas insolubles en ácido.

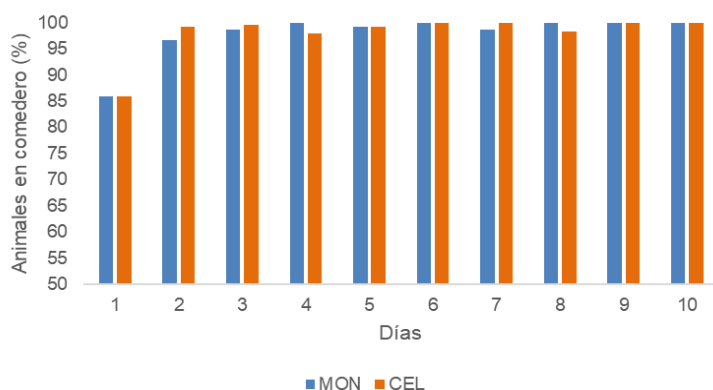
4.3 Período preexperimental – Acostumbramiento

4.3.1 Acceso a Comederos durante el acostumbramiento

Para analizar la adaptación al nuevo sistema de alimentación en comederos, se promediaron los primeros 15 minutos, contabilizando el número de animales consumiendo alimento cada minuto, No se observaron grandes diferencias entre tratamientos en ninguno de los 10 días analizados. El día 1 se encontró un 85% de los animales en consumo y, a partir del segundo día de acostumbramiento todos los animales se encontraban en consumo durante los primeros 15 minutos (99% promedio del día 2 al 10), esto denota una gran adaptación de los terneros al sistema de alimentación y confirma una vez más que, el manejo del destete precoz propuesto por Simeone y Beretta (2002) es una certeza tecnológica.

Figura 8

Acercamiento al comedero durante los primeros 15 minutos de consumo (MON: monensina, CEL: Celmanax™)



4.3.2 Peso vivo y ganancia de peso

Durante el período de acostumbramiento, se registraron ganancias de peso positivas, con valores de 0,445 y 0,392 kg/d para MON y CEL respectivamente, sin diferencias significativas entre tratamientos ($P = 0,508$). Cuando se analiza solo el período de adaptación a las dietas en los primeros 10 días de alimentación (día 1 a 12), se registraron ganancias de 0,490 y 0,445 kg/d para MON y CEL respectivamente, sin diferencias significativas entre tratamientos ($P = 0,724$); estos valores se encuentran alineados a los descriptos por Acosta (2025) ($0,479 \pm 0,33$ kg/d) para terneros Hereford de destete precoz provenientes de la misma estación experimental, y expuestos al mismo protocolo de acostumbramiento, que abarca del día 1 al 12 del período preexperimental, sin tomar en cuenta el período de retiro de fibra. Estos valores demuestran que si el protocolo de acostumbramiento se aplica correctamente las ganancias de peso serán positivas durante estos primeros días de alimentación (Simeone & Beretta, 2002).

Tabla 6

PV inicial, PV final y GMD, para el período preexperimental (MON: monensina y CEL: Celmanax™)

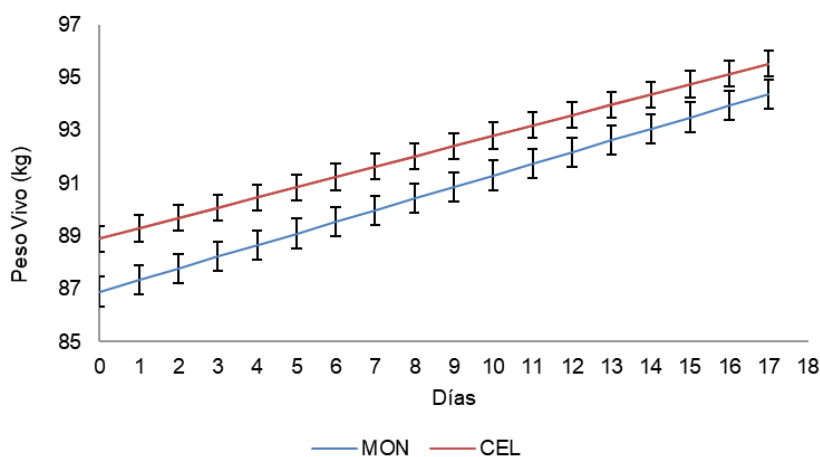
Variable	Tratamiento		<i>P</i> - valor	
	MON	CEL	<i>EE</i>	<i>T</i>
PV inicial, kg	87,91 ^a	87,91 ^a	1,1136	0,9935
PV final, kg	95,48 ^a	94,58 ^a	1,0354	0,3907
GMD, kg/día	0,445 ^a	0,392 ^a	0,0799	0,5075

Nota. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

La evolución de PV para el período preexperimental muestra que la diferencia entre PV inicial y PV final disminuyó durante el acostumbramiento, debido a una mayor GMD en términos numéricos de MON frente a CEL, sin embargo, esto no presentó diferencias significativas en todo el período (Figura 9). Asimismo, el PV inicial entre tratamientos no presentó diferencias significativas ($P = 0,99$); lo que confirma una buena estratificación y asignación de los animales a los tratamientos.

Figura 9

Evolución del PV de los terneros según tratamiento (MON: monensina, CEL: Celmanax™), durante el acostumbramiento



4.3.3 Consumo de alimento y eficiencia de conversión

Tanto el CMS, expresado en %PV y en kg/animal/día, como la EC, fueron significativamente diferentes entre tratamientos ($P < 0,0001$). El tratamiento CEL presentó un aumento del 2,9% y 4,1% en CMS expresado en %PV y en kg/animal/día respectivamente, lo cual está alineado con los antecedentes presentados anteriormente, donde se reporta que la inclusión de Celmanax™ aumenta el CMS y genera una mejora en la salud y respuesta inmunológica del animal (Ganner & Schatzmayr, 2012; Nocek et al., 2011; Salinas-Chavira et al., 2018; Wagner et al., 2016), siendo el acostumbramiento un momento de elevados niveles de estrés y cambios en el desarrollo del ternero, pasando de lactante a rumiante (en términos de alimentación) de manera repentina.

Tabla 7

Efecto de los tratamientos (MON: monensina y CEL: Celmanax™) sobre el CMS y la EC

Variable	Tratamiento		P - valor			
	MON	CEL	T	S	T * S	Día(S)
CMS, %PV	2,09 ^b	2,15 ^a	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CMS, kg/animal/día	1,93 ^b	2,01 ^a	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
EC, kg MS/kg PV	3,99 ^a	4,79 ^b	<0,0001	-	-	-

Nota. T: Tratamiento. S: Semana. T * S: Tratamiento por semana. Día(S): Día dentro de semana. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0,05).

4.4 Período experimental - Corral

4.4.1 Peso vivo y ganancia de peso

Al momento de analizar el peso vivo (Tabla 8), se observó que no hubo diferencia significativa en el peso vivo inicial, como era de esperar ya que es la misma variable que analizamos como peso vivo final en acostumbramiento. Las diferencias numéricas entre peso final de acostumbramiento y peso inicial de corral son explicadas debido a que las medias utilizadas por el programa SAS son LSMEANS (medias ajustadas según el modelo utilizado) las cuales se ajustan por el PV inicial como covariable y la estructura del modelo, por ello no son numéricamente iguales.

Tabla 8

Efecto de los tratamientos (MON: monensina, CEL: Celmanax™) sobre la performance

Variable	Tratamiento		P - valor	
	MON	CEL	EE	T
PV inicial, kg	93,28 ^a	94,24 ^a	2,4247	0,6961
PV final, kg	149,86 ^a	149,17 ^a	2,4247	0,7773
GMD, kg/día	1,010 ^a	0,981 ^a	0,0534	0,5839

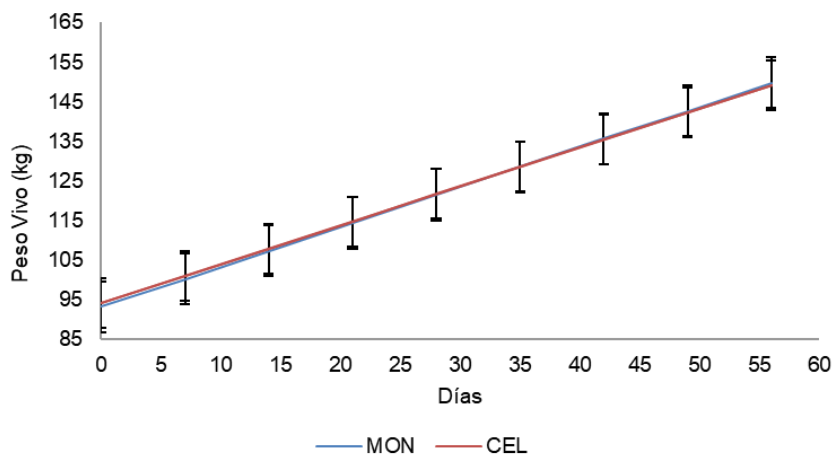
Nota. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0,05).

Al analizar la GMD y el peso vivo final (Figura 10), tampoco se encontraron diferencias significativas, lo cual se encuentra en la misma línea de lo reportado para el uso de monensina sódica y Celmanax™ como aditivos nutricionales en antecedentes

nacionales para todas las categorías en crecimiento y terminación (Alayón et al., 2023; Ferrés et al., 2023; Leites et al., 2022). Los valores de GMD en terneros de destete precoz a corral alcanzados son similares a los encontrados por Leites et al. (2022), quienes lograron ganancias en torno a 1 kg PV/día. Asimismo, la tecnología generada en la UPIC reporta ganancias similares, en torno a 1,2 kg PV/día (Beretta et al., 2012).

Figura 10

Evolución del PV de los terneros (MON: monensina, CEL: Celmanax™), durante período experimental



4.4.2 Consumo y eficiencia de conversión

En términos generales se observó que la variable CMS expresada como %PV y como kg/animal/día no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($P = 0,34$ y $P = 0,32$) respectivamente (Tabla 9).

Si bien se espera una leve mejora del CMS y la EC frente al agregado de un probiótico (Fallon, 1987, como se cita en Álvarez Nogal, 1995), que no haya diferencia en comparación con el uso de monensina sódica no descarta esta mejora, ya que ambos aditivos generan mejoras en EC (Owens, 2021; Wagner et al., 2016) e influyen sobre el consumo (Bergen & Bates, 1984; Ponce et al., 2012). En términos de valores absolutos, el CMS fue mayor para los animales que incluyeron Celmanax™ en su dieta. Por otra parte, la eficiencia de conversión de los kg MS consumidos en kg de carne, presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P = 0,0381$) siendo 3,57 vs 3,80 para MON y CEL respectivamente. Estos datos, en términos generales, para ambos tratamientos, son similares a los obtenidos por Beretta et al. (2012), Beretta et al. (2016) y Leites et al. (2022), quienes obtuvieron una EC de 3,7, 3,6 y 3,81 respectivamente; todos estudios realizados por el equipo de investigación de la UPIC en terneros de DPC.

Tabla 9

Efecto de los tratamientos (MON: monensina y CEL: Celmanax™) sobre el CMS y la EC

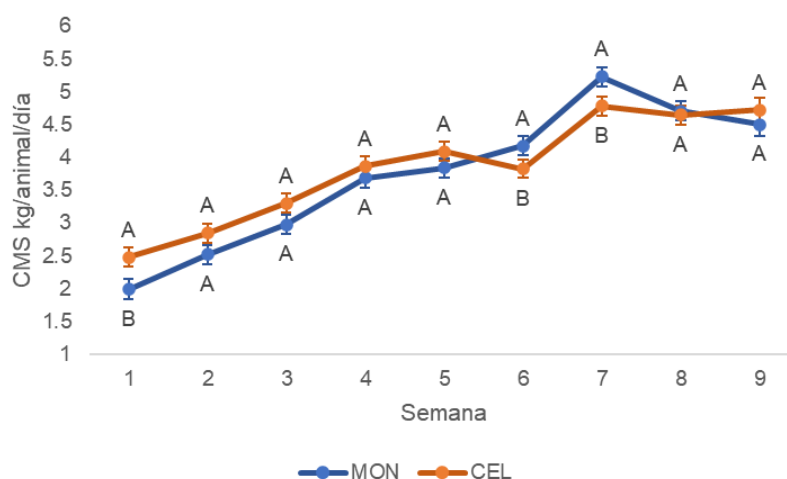
Variable	Tratamiento		P - valor			
	MON	CEL	T	S	T * S	Día(S)
CMS, %PV	3,02 ^a	3,07 ^a	0,3436	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CMS, kg/animal/día	3,74 ^a	3,84 ^a	0,3165	<0,0001	0,0018	<0,0001
EC, kg MS/kg PV	3,57 ^a	3,80 ^{b*}	0,0381	-	-	-

Nota. T: Tratamiento. S: Semana. T * S: Tratamiento por semana. Día(S): Día dentro de semana. *: n = 31. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (P < 0,05).

Cuando la variable consumo se analiza por semana, tratamiento por semana y día dentro de semana si presentaron diferencias significativas (P < 0,0001). Con el fin de analizar más exhaustivamente el efecto de la interacción tratamiento por semana (Figura 11), se detectó que para las semanas 1, 2, 3, 4, 5 y 9, CEL obtuvo un mayor CMS (kg/animal/día) en valores absolutos pero la diferencia fue significativa (P < 0,05) sólo en la semana 1. Para las semanas 6 y 7 MON obtuvo un mayor CMS, diferente significativamente.

Figura 11

Evolución semanal del CMS expresado en kg/animal/día según tratamiento (MON: monensina, CEL: Celmanax™)



Nota. Letras mayúsculas diferentes en la misma semana indican diferencias significativas (P < 0,05).

4.4.3 Digestibilidad aparente (MS y MO)

La digestibilidad de la materia seca y de la materia orgánica presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,0001$) con una mayor digestibilidad aparente de ambas fracciones (14,6% y 14,4% más para MS y MO respectivamente para MON respecto a CEL) en los animales que fueron alimentados con monensina (Tabla 10). En función a lo expuesto por Neubauer et al. (2018), Kröger et al. (2017) y Lei et al. (2013) es de esperar mayor digestibilidad de la MS y MO en el tratamiento con la inclusión de levaduras. Asimismo, Ferrés et al. (2023) y Alayón et al. (2023) llevaron a cabo un análisis de digestibilidad para CEL vs MON vs Aceites esenciales en novillos en engorde y terneras bajo ADT respectivamente, en donde no observaron diferencias significativas entre tratamientos tanto para MO como para MS.

El efecto semana presentó diferencias significativas ($P < 0,0001$), mostrando un incremento en la digestibilidad aparente del tracto gastrointestinal desde el inicio a fin del periodo experimental (Tabla 11). Tanto en la semana 2 (55,90%), como en la semana 8 (71,54%), MON presentó mayores niveles de digestibilidad de la MS que CEL (45,80 y 63,04% para semana 2 y 8 respectivamente); lo mismo ocurrió para la digestibilidad de la MO. Este comportamiento se contradice con los antecedentes mencionados anteriormente, pero vemos una evolución de un 28,0% para MON y 37,6% para CEL en la digestibilidad de la MS de una semana a otra, esto confirma lo propuesto por Jones y Heinrichs (2025), quienes aseguran que el desarrollo del rumen se da principalmente a los 3 a 4 meses de edad, período en el cual se encuentran los terneros en estudio. Asimismo, estos resultados confirmarían cómo la inclusión de una dieta concentrada como la utilizada en este estudio, permite el desarrollo de las papilas ruminales y, por tanto, el metabolismo ruminal en su totalidad en el tiempo (Stobo et al., 1966).

Tabla 10

Digestibilidad total aparente de la MS y MO según tratamiento (MON: monensina, CEL: Celmanax™)

	Tratamiento		EE	P - valor		
	MON	CEL		T	S	T * S
Dig MS (%)	63,72 ^a	54,42 ^{b*}	1,3476	< 0,0001	< 0,0001	0,7191
Dig MO (%)	65,52 ^a	56,08 ^{b*}	1,3396	< 0,0001	< 0,0001	0,7508

Nota. EE: error estándar; T: Efecto Tratamiento; S: Efecto Semana; T * S: Interacción Tratamiento por Semana; *: n = 31; Dig MS: Digestibilidad de la materia seca; Dig MO: Digestibilidad de la materia orgánica; Letras minúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Tabla 11

Evolución de la digestibilidad total aparente, según tratamiento (MON: monensina, CEL: Celmanax™)

	Semana	Tratamiento		EE
		MON	CEL	
Dig MS (%)	2	55,90 ^{aB}	45,80 ^{bB*}	2,2363
	8	71,54 ^{aA}	63,04 ^{bA}	2,2006
Dig MO (%)	2	58,06 ^{aB}	47,73 ^{bB*}	2,2029
	8	72,99 ^{aA}	64,43 ^{bA}	2,1674

Nota. EE: error estándar; *: n = 31; Dig MS: Digestibilidad de la materia seca; Dig MO: Digestibilidad de la materia orgánica; Letras minúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$); Letras mayúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

4.4.4 Consumo diario de agua

El consumo de agua fue medido desde la semana 2 a la semana 8 del período experimental propiamente dicho, CEL obtuvo un 15,6% más de consumo de agua diaria (18,97 L/d) que MON (16,41 L/d), siendo estas diferencias estadísticamente significativas ($P = 0,0409$) (Tabla 12). Este aumento de consumo de agua se encuentra alineado a lo reportado por Reis et al. (2024), quienes hipotetizan que la adición de derivados de las levaduras aumentaría el consumo de agua en un 13,9%. Sin embargo, no hay literatura que explique específicamente la razón de este aumento, pero pudiendo inferir que, el aumento del consumo de agua ayudaría a explicar el aumento de la tasa de pasaje y la pérdida de calor, como efectos indirectos.

Con el fin de analizar la evolución del consumo de agua semana tras semana, se muestra la evolución de este por tratamiento (figura 12), en donde podemos confirmar que, siguiendo el crecimiento de los animales, el consumo de agua aumenta con el paso de las semanas, asimismo CEL demostró un mayor consumo durante todas las semanas, siendo ésta diferencia significativa en las semanas 3, 4 y 8 ($P < 0,05$).

Tabla 12

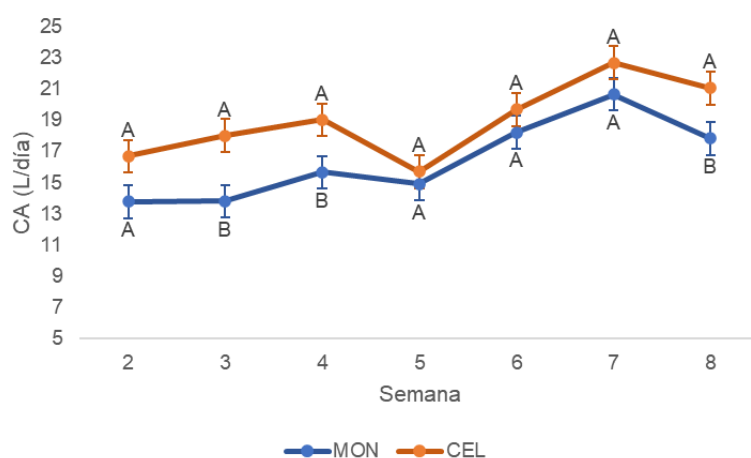
Consumo diario de agua, expresado en L/día, según tratamiento (MON: monensina, CEL: Celmanax™)

	Tratamiento		EE	P - valor		
	MON	CEL		T	S	T * S
CA (L/d)	16,41 ^b	18,97 ^a	0,8486	0,0409	< 0,0001	0,1604

Nota. EE: error estándar; T: Efecto Tratamiento; S: Efecto Semana; T * S: Interacción Tratamiento por Semana; CA: Consumo de Agua; Letras minúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figura 12

Evolución del consumo de agua expresado en L/día (MON: monensina, CEL: Celmanax™)



Nota. Letras mayúsculas diferentes en la misma semana indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

4.4.5 Variables de interpretación de la conducta animal

4.4.5.1 Patrón de comportamiento animal

Con el fin de analizar los patrones de comportamiento animal se registraron las actividades de consumo de alimento (CMS), descanso echado (DE), descanso parado (DP), consumo de agua (CA), y rumia (R), de forma de determinar la probabilidad de un animal realizando esa actividad cuando se lo observa visualmente durante el día (Tabla 13).

Tabla 13

Probabilidad de encontrar un animal realizando una actividad durante horas luz (MON: monensina, CEL: Celmanax™)

Tratamiento		P - valor					
MON	CEL	EE	T	S	Día(S)	T * S	T * Día(S)
CMS							
20,09 ^a	19,17 ^a	0,88	0,4658	0,0059	< 0,0001	0,0003	0,5183
DE							
41,46 ^b	47,04 ^a	1,43	0,0101	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	-
DP							
31,45 ^a	25,15 ^b	1,44	0,0044	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
R							
3,29 ^a	3,31 ^a	0,40	0,9723	< 0,0001	< 0,0001	0,2531	0,0185
CA							
1,93 ^b	2,79 ^a	0,23	0,0144	0,0114	0,0180	0,6113	0,2717

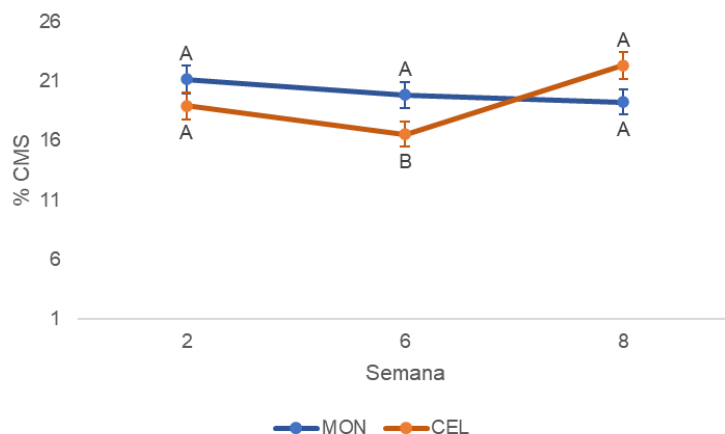
Nota. EE: error estándar; T: Efecto Tratamiento; S: Efecto Semana; Día(S): Interacción Día dentro de Semana; T * S: Interacción Tratamiento por Semana; T * Día(S): Interacción Tratamiento por Día dentro de Semana; CMS: Consumo de Materia Seca; DE: Descanso Echado; DP: Descanso Parado; R: Rumia; CA: Consumo de Agua; Letras minúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

4.4.5.1.1 Actividad: Consumo de Alimento

El tiempo dedicado al CMS no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, pero sí hubo un efecto en la semana y en la interacción tratamiento por semana (Tabla 13), para analizar dichos efectos se construyó la figura 13 en donde podemos observar que en la semana 6 se expresó una diferencia significativa de un 3,31% a favor de MON, con una mayor probabilidad de encontrar a un animal consumiendo. Ésta diferencia también se vio expresada en kg MS consumidos durante esa semana, siendo ésta de 0,35 kg MS/animal/día superior a CEL. Sin embargo, en el resto de las semanas no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Figura 13

Probabilidad de encontrar a un animal consumiendo alimento por semana (MON: monensina, CEL: Celmanax™)



Nota. Letras mayúsculas diferentes en la misma semana indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

4.4.5.1.2 Actividad: Descanso Echado y Parado

El tratamiento CEL muestra una mayor probabilidad de encontrar al animal descansando echado en comparación con MON (5,58%), siendo esta diferencia significativa (Tabla 13). Los animales reducen el tiempo de descanso echados en condiciones de estrés térmico, particularmente durante períodos de altas temperaturas (Tripon et al., 2013). En función a los datos presentados se podría pensar que los animales que recibieron Celmanax™ en su dieta se encuentran bajo un mejor confort. Estas modificaciones comportamentales reflejan mecanismos de adaptación frente a condiciones ambientales adversas que presenta el verano (Tripon et al., 2013).

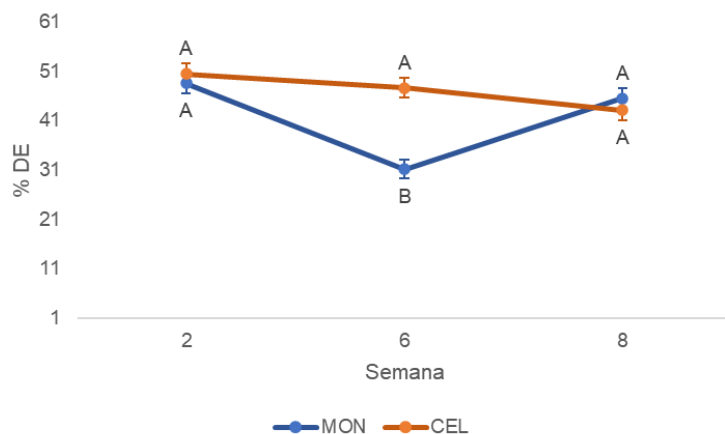
Dado que existe un efecto estadísticamente significativo para la interacción tratamiento por semana (Figura 14) se observa que la diferencia entre tratamiento fue particularmente marcada en la semana 6. Esta respuesta puede verse explicada debido a la ocurrencia de una ola de calor extrema durante esta semana, que aumentaría los posibles beneficios del Celmanax™ sobre el estrés térmico de los animales. Aquí vemos que CEL presenta un 16,61% más de tiempo dedicado al descanso echado, lo que indicaría un mayor confort térmico de los animales ante una ola de calor extrema.

Por otra parte, se observa como MON muestra una mayor probabilidad de encontrar los animales descansando de pie en comparación con CEL (6,3%). Como mencionamos anteriormente, los animales aumentan su tiempo parado cuando se encuentran frente a situaciones de disconfort, en este caso pudiendo ser causadas por estrés térmico. Por lo tanto, dado un menor confort térmico, aumentan los cambios de posturas (DE vs DP), mayor tiempo de pie y mayor liberación de calor por sudoración y ventilación, una estrategia de mitigación del estrés térmico propia del animal (Allen et al., 2015; Cook et al., 2007; Polsky & von Keyserlingk, 2017; West, 2003). Cuando se analiza nuevamente la interacción tratamiento por semana, la respuesta encontrada (Figura 15) es la opuesta a la presentada en la Figura 14. En este caso, MON presenta

16,61% más del tiempo dedicado al descanso parado, lo que representaría una falta o reducción de confort térmico del animal con respecto a CEL.

Figura 14

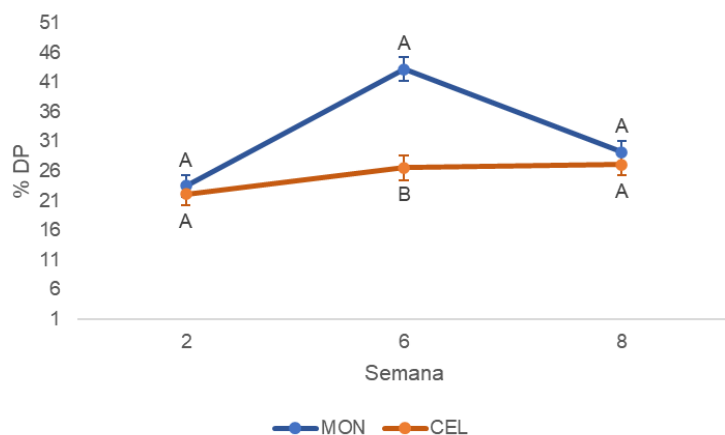
Probabilidad de encontrar a un animal descansando echado por semana (MON: monensina, CEL: Celmanax™)



Nota. Letras mayúsculas diferentes en la misma semana indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figura 15

Probabilidad de encontrar a un animal descansando parado por semana (MON: monensina, CEL: Celmanax™)



Nota. Letras mayúsculas diferentes en la misma semana indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

4.4.5.1.3 Actividad: Rumia

Los tratamientos no presentaron diferencias significativas frente a la probabilidad de encontrar a un animal rumiando, si bien hubo un efecto semana y día dentro de semana, esto se debe a la variabilidad comportamental propia de los animales. Lo que sí cabe destacar es que la probabilidad de encontrar a un animal rumiando fue muy bajo en comparación a los valores reportados por Leites et al. (2022),

quienes tuvieron una probabilidad de encontrar a un ternero rumiando de 16,3 y 14,0% para MON y CEL respectivamente. A su vez, es de destacar, que en general la actividad de rumia se da durante la noche, horas que no fueron registradas en esta oportunidad (Arnold, 1981; Balocchi et al., 2002)

Esta diferencia se encuentra alineada con la composición de la dieta, ya que la dieta utilizada por Leites et al. (2022) presentaba un 20% de heno de alfalfa en su composición, alimento que aporta la fibra efectiva a la dieta pero genera un mayor nivel de rumia ya que es fibra larga (Beauchemin, 1991; Mertens, 1997); mientras que en este estudio la dieta es más concentrada, no contiene ningún tipo de fibra larga y la fibra corta (GEA) aportada se encuentra a niveles relativamente bajos (17%), siendo el óptimo para terneros de destete precoz 23% de inclusión (Beretta et al., 2016).

4.4.5.1.4 Actividad: Consumo de Agua

Los tratamientos demostraron diferencias significativas en la probabilidad de encontrar a un animal en el bebedero consumiendo agua, CEL presentó un 44,6% más de probabilidad de encontrarse consumiendo de agua que MON (Tabla 13); lo cual también se correlaciona con el consumo de agua en L/día, en donde CEL presentó un aumento de 15,6% frente al consumo de agua en MON (Tabla 12). No hubo efecto en la interacción tratamiento por semana.

4.4.5.2 Tasa de desaparición del alimento

En el turno matutino, se presenta una diferencia significativa en la cantidad de alimento consumida, expresada como porcentaje del ofrecido (Tabla 14), entre tratamientos ($P = 0,0011$). Esta respuesta, por más que no se vea reflejada en una significancia con la tasa de desaparición del alimento expresada en g/min, refleja que MON tiene un mayor consumo (12,96%) en la mañana con tasas de consumo similares ($P = 0,1843$). El efecto semana fue significativo para las tres variables y el efecto de interacción tratamiento por semana fue significativo para cantidad de kilos consumidos y tasa de consumo (TC).

Durante la sesión de consumo de la tarde, solo se expresaron diferencias significativas entre tratamientos para la variable de kg de alimento desaparecidos, esto denota un mayor consumo de alimento durante la tarde para CEL (0,3 kg) comparado con MON (Tabla 14). No se expresa una diferencia en el porcentaje de alimento consumido ni TC. El efecto semana fue significativo para las tres variables analizadas y la interacción no presentó diferencias estadísticas.

Durante la noche, no se registran diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las variables. En tanto al efecto de la semana solo fue significativo para el consumo en kg, mientras que la interacción tratamiento por semana no presentó diferencias estadísticamente significativas (Tabla 14).

Tabla 14

Efecto de los tratamientos (MON: monensina, CEL: Celmanax™) sobre la cantidad y tasa de consumo

	Tratamiento		EE	P - valor		
	MON	CEL		T	S	T * S
Mañana						
Kg	1,81 ^a	1,67 ^a	0,0903	0,2994	< 0,0001	< 0,0001
%	91,94 ^a	78,98 ^b	2,5434	0,0011	0,0174	0,1523
TC	7,05 ^a	6,37 ^a	0,3520	0,1843	< 0,0001	< 0,0001
Tarde						
Kg	1,25 ^b	1,55 ^a	0,1012	0,0473	0,0147	0,5968
%	65,86 ^a	64,16 ^a	4,1315	0,7723	< 0,0001	0,4382
TC	5,36 ^a	6,59 ^a	0,4442	0,0599	< 0,0001	0,9187
Noche						
Kg	0,99 ^a	0,98 ^a	0,1203	0,9213	< 0,0001	0,7700
%	88,50 ^a	89,92 ^a	5,2515	0,8500	0,3626	0,6172
TC	-	-	-	-	-	-

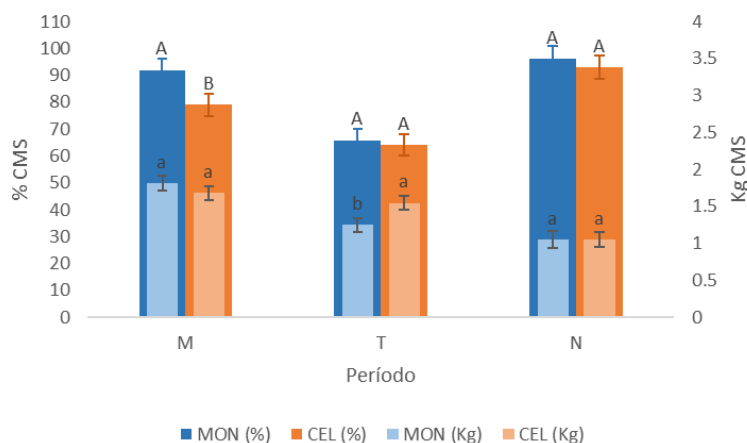
Nota. EE: error estándar; T: Efecto Tratamiento; S: Efecto Semana; T * S: Interacción Tratamiento por Semana; M: Mañana; T: Tarde; N: Noche; P: Período del día; Kg: CMS en kg por período; %: CMS en % del ofrecido por período; TC: Tasa de Consumo de materia seca en gramos por minuto por período; Letras minúsculas diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Para analizar comparativamente el consumo entre los períodos del día, se construye la Figura 16, en donde se denota que el mayor consumo en kg/animal se da en la mañana sin diferencias entre tratamientos; durante la tarde, el consumo fue menor y diferente para ambos tratamientos, donde CEL presentó un consumo mayor. Durante la noche no hubo diferencias para el consumo expresado en kg/animal.

En tanto al consumo como porcentaje del ofrecido por período, se puede observar que MON consume más numéricamente que CEL, pero esta diferencia es estadísticamente diferente solo en la mañana. Asimismo, podemos observar que en la noche los animales consumen casi en su totalidad el alimento remanente de la comida ofrecida en la tarde (94,59% promedio).

Figura 16

Efecto del tratamientos (MON: monensina, CEL: Celmanax™) sobre la cantidad de alimento consumido por período



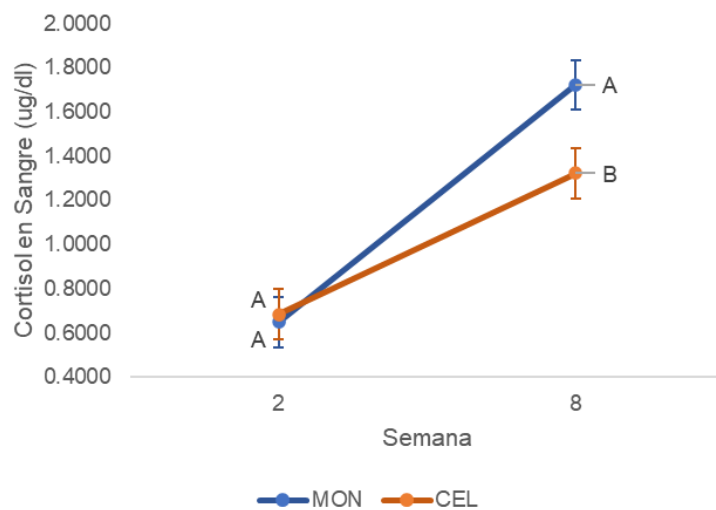
Nota. Kg CMS: Consumo de materia seca en kg por período; % CMS: Consumo de materia seca expresado en porcentaje del ofrecido por período; M: Mañana; T: Tarde; N: Noche; Letras minúsculas diferentes en el mismo período indican diferencias significativas ($P < 0,05$). Letras mayúsculas diferentes en el mismo período indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

4.4.6 Cortisol en sangre

Los niveles de cortisol en sangre, expresados en $\mu\text{g/dL}$, fueron medidos en el inicio del período experimental (29/01) y al final del mismo (26/03). El nivel de cortisol en sangre expresó diferencias significativas ($P = 0,049$) para la interacción de tratamiento por semana (Figura 17) el efecto semana ($P < 0,0001$), sin un efecto tratamiento por sí mismo ($P = 0,1297$). Al analizar la interacción, se observa claramente como el 29/01 los niveles de cortisol fueron iguales estadísticamente entre tratamientos (0,6488 y 0,6850 $\mu\text{g/dl}$ para MON y CEL respectivamente), pero como al finalizar el experimento (26/03) se encontró una diferencia marcada entre los tratamientos, donde CEL mostró menores niveles de cortisol en sangre (1,3225 $\mu\text{g/dl}$) que MON (1,7238 $\mu\text{g/dl}$).

Figura 17

Efecto de los tratamientos (MON: monensina, CEL: Celmanax™) sobre los niveles de cortisol en sangre



Nota. Letras mayúsculas diferentes en la misma semana indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

5. Discusión

5.1 Período pre-experimental - Acostumbramiento

Durante el período de acostumbramiento no se detectaron diferencias significativas para PV inicial, PV final y GMD ($P > 0,05$) entre los tratamientos analizados. Las GMD de los tratamientos durante este período de acostumbramiento fueron positivas y elevadas (0,445 y 0,392 kg/día para MON y CEL, respectivamente), respondiendo a una buena adaptación a una dieta tan concentrada como la utilizada en este experimento.

Por otro lado, CEL presentó un mayor CMS, expresado tanto en %PV, como en kg/animal/día ($P < 0,0001$). Este aumento en el consumo de materia seca se respalda con lo propuesto por Fallon (1987, como se cita en Álvarez Nogal, 1995), Salinas-Chavira et al. (2018) y Wagner et al. (2016), en donde estos autores reportaron aumentos en el CMS cuando Celmanax™ fue incorporado en las dietas. Esta respuesta es atribuida a que este aditivo estabiliza el pH ruminal (Silveira Pimentel et al., 2022) y, de esta manera se evitan caídas fuertes del pH, lo cual puede impactar negativamente sobre la ingestión de alimento (Álvarez Nogal, 1995). Este aumento en el CMS es una respuesta de gran relevancia al utilizar aditivos como Celmanax™ en dietas de destete precoz a corral, más aún en los períodos de acostumbramiento, ya que permite una mejor adaptación a un nuevo sistema de alimentación. Asimismo, la EC presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo ésta mayor para CEL en comparación con MON ($P < 0,0001$). Este incremento de la EC, es decir una peor eficiencia, es explicado por la propia diferencia en GMD entre tratamientos y el mayor CMS por parte de CEL, explicados anteriormente. Por último, el acceso total de los terneros a los comederos desde el tercer día de alimentación (Figura 8) denota una rápida adaptación a la nueva dieta ofrecida.

En síntesis, el período de acostumbramiento mostró una rápida adaptación de los terneros al nuevo sistema de alimentación, sin registro de problemas respiratorios y/o digestivos, logrando GMD mayores a las tradicionalmente esperadas, con valores reportados en torno a los 150-200 g/d (Quintans, Echeverría et al., 2013; Quintans & Vázquez, 2002; Simeone & Beretta, 2002); y un efecto positivo del Celmanax™ sobre el CMS, variable clave para el correcto desarrollo de esta categoría tan pequeña y exigente.

5.2 Período experimental - Corral

Ambos tratamientos ingresaron al corral con igualdad de peso vivo inicial ($P = 0,6961$), pesando 93,28 y 94,24 kg MON y CEL respectivamente; esto asegura que los posibles efectos de cada tratamiento sobre el desempeño animal se deban a los mismos y no a diferencias de peso vivo inicial. Durante las 8 semanas analizadas de período experimental, ambos tratamientos presentaron iguales GMD ($P = 0,5839$), en torno a 1,0 kg/animal/d; estas ganancias permitieron un PV final elevado para ambos tratamientos (149,86 y 149,17 kg para MON y CEL respectivamente) a los 5 meses de edad, sin diferencias significativas entre los mismos ($P = 0,7773$).

En términos de consumo, los dos tratamientos presentaron iguales niveles de CMS, expresado tanto en %PV como en kg/animal/día ($P \geq 0,3165$). Si bien la ausencia de diferencias estadísticas entre tratamientos no se corresponde con los antecedentes quienes reportan un aumento en el CMS ante el agregado de Celmanax™ en la dieta (Salinas-Chavira et al., 2018), y una posible reducción en el consumo dado por la inclusión de monensina sódica (Bergen & Bates, 1984; Russell & Strobel, 1989); el tratamiento CEL presentó en términos numéricos un incremento en CMS del 2,67% por encima de MON, diferencia incluso mayor a la reportada por Wagner et al. (2016) quienes encontraron un aumento del 1% en el CMS, lo que sugiere una mejora en el consumo de los animales suplementados con Celmanax™ en su dieta. Esta pérdida de significancia del CMS entre el período preexperimental y el período experimental, puede estar explicada debido a que el agregado de Celmanax™ en la dieta, favorece la actividad de las bacterias celulolíticas del rumen (Jouany, 2006; Kröger et al., 2017; Lei et al., 2013; Neubauer et al., 2018), por lo que aumentaría la digestibilidad del alimento durante el período preexperimental (debido a que contamos con una inclusión de 1 kgMS de heno de alfalfa por animal por día) y por tanto denotaría en un aumento del CMS. Al no tener la inclusión de heno de alfalfa en el período experimental, este aumento no se expresa de manera marcada, pero el objetivo de este experimento fue analizar la sustitución de aditivos en una dieta justamente con el mayor nivel de concentración posible en una categoría tan delicada como lo son los terneros de destete precoz alimentados a corral.

Por otra parte, cabe destacar que hubo una interacción tratamiento por semana para CMS en kg/animal/día ($P = 0,0018$), donde se pudo determinar que CEL presentó mayor CMS en términos absolutos durante las primeras 5 semanas y en la última, pero solo la semana 1 estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($P < 0,05$). Estos resultados condicen con la tendencia explicada anteriormente. Sin embargo, en la semana 6 y 7, MON presentó un CMS mayor a CEL ($P < 0,05$, Figura 11), lo cual está alineado con lo descrito en el comportamiento animal, donde la probabilidad de encontrar a un animal consumiendo alimento, en la semana 6, fue mayor para MON que para CEL ($P < 0,05$). Más allá de esto, cuando se analizan las diferencias de CMS en términos absolutos la misma fue muy baja (347,2 y 444,9 gramos/animal/día respectivamente).

Cuando se observa la evolución del CMS en el transcurso del periodo analizado, se observan dos periodos, desde inicio hasta la semana 6, donde los animales se encontraron un 73,7% de los días bajo alguna categoría de ola de calor (Figura 7), luego de lo cual se ve un aumento en el CMS acompañado de la ausencia de olas de calor hasta el final del periodo experimental. Este cambio en el confort térmico de los animales puede explicar el repentino aumento del CMS ocurrido entre la semana 6 y 7, siendo este aumento más acentuado en MON debido a que se encontraban en un nivel de consumo menor a CEL.

Más allá de la ausencia de diferencias estadísticamente significativas en GMD y CMS, la eficiencia de conversión si presentó diferencias ($P = 0,0381$) entre los tratamientos, siendo estas de 3,57 y 3,80 kgMS/kgPV para MON y CEL respectivamente. Igualmente, ambos valores son muy buenos en términos absolutos, y esperables, tanto para la categoría como para el nivel de concentración de la dieta utilizada (Beretta et al., 2012, 2016; Leites et al., 2022). Esta diferencia de EC puede

haber sido dada por un mayor CMS por parte de CEL (Tabla 9) y una menor digestibilidad del alimento consumido (Tabla 10), lo que se traduce en una peor eficiencia de conversión del alimento en producto dado que las GMD fueron iguales para ambos tratamientos.

A su vez, si bien el nivel de barro no fue medido de manera directa, por momentos se observó la formación de barro cercana a los comederos en niveles que tapaban la pezuña del animal, lo cual puede afectar hasta en un 18% la eficiencia de los animales (Barra, 2005). Esto fue producto de la persistencia de precipitaciones durante todo el experimento, que, junto con el viento, aumentan los requerimientos de mantenimiento (Pordomingo, 2003).

Los animales que recibieron Celmanax™ como tratamiento en su dieta mostraron una digestibilidad total aparente del 54,4 y 56,1% para MS y MO respectivamente, mientras que los que incluyeron monensina sódica alcanzaron valores de 63,7 y 65,5%. En términos absolutos, valores generales de digestibilidad del alimento tan bajos pueden estar explicados por lo propuesto por Mertens y Ely (1982) y Owens et al. (1998) quienes mencionan que la digestibilidad del alimento se relaciona directamente con el tamaño de partícula de los alimentos y el nivel de concentración de la dieta utilizada. A menor tamaño de partícula se incrementa la tasa de pasaje, con menor tiempo en rumen y menor acción microbiana; y a mayor concentración de la dieta puede estar impactando en el pH ruminal y por tanto en la actividad de las bacterias celulolíticas. En ambos casos se afectaría principalmente la digestibilidad de la fibra.

Más allá de esto, para una dieta como la utilizada en este experimento, de elevada concentración energética y componentes de alta calidad, esperaríamos mayores niveles de digestibilidad, ya que incluso con la inclusión de un 10% de heno de alfalfa, Beretta et al. (2016) encontraron una digestibilidad de la MS aún mayor (72,2%) en terneros de destete precoz. Por otra parte, Alayón et al. (2023) describen digestibilidades de la MS en torno al 65%, para una dieta similar en concentración y tamaño de partícula, con cascara de arroz como fuente de fibra corta (8%) en animales de mayor edad bajo un régimen de ADT.

Por último, debemos de tener en cuenta que se trata de una categoría animal en pleno desarrollo (3-4 meses de edad), en donde aún se encuentran en un período de transición de lactantes a rumiantes y el rumen no se encuentra completamente desarrollado (Jones & Heinrichs, 2025), lo cual va a impactar en la digestibilidad total aparente de la dieta. A su vez se observa como a medida que van creciendo, desde la semana 2 a la 8 (fin de periodo experimental) se da un incremento en la digestibilidad total aparente de la MS para ambos tratamientos (Tabla 10), con un aumento porcentual de 28% y 37,6% para MON y CEL respectivamente.

Por otra parte, la menor digestibilidad del alimento registrada para CEL ($P < 0,0001$), (siendo MON un 14,6 y 14,4% mejor para MS y MO respectivamente) puede relacionarse con el mayor consumo de agua, debido a que al aumentar el consumo de agua en litros por día (Tabla 12), se aumenta la tasa de pasaje del alimento y, por tanto, se ve disminuida su digestibilidad (Mertens & Ely, 1982; Reis et al., 2024).

El consumo de agua fue significativamente más alto para CEL en comparación con MON ($P = 0,0409$), siendo esta diferencia de 2,56 L/día; esa diferencia de un 15,6% superior a favor de CEL, confirma lo explicado anteriormente. A su vez, el patrón de

comportamiento animal respalda estos valores registrados, ya que CEL presentó mayor probabilidad de encontrar un ternero bebiendo agua que MON ($P = 0,0144$; siendo éstas 2,79 vs 1,93% respectivamente).

La cantidad de alimento consumido por sesión de alimentación (mañana y tarde) se condice con lo reportado por Alayón et al. (2023) quienes reportaron un mayor porcentaje de alimento consumido en la mañana para MON, y un mayor porcentaje consumido en la tarde para CEL, en terneras bajo régimen de alimentación diferencial del ternero (ADT). En el presente estudio durante la mañana MON presentó un mayor consumo que CEL (Tabla 14); sin embargo, en el turno de la tarde CEL presentó mayor consumo que MON expresado en kg consumidos (1,25 vs 1,55) ($P = 0,473$), pero igual consumo que MON cuando se expresó como porcentaje del ofrecido (65,86 vs 64,16) lo cual se puede deber a un mayor remanente de alimento desde la sesión de la mañana.

A raíz de lo anterior, podemos inferir un potencial efecto del agregado de Celmanax™ a la dieta en el nivel de confort térmico de los animales, ya que durante la tarde se encuentran mayores niveles de ITHaj (Figura 7) y es en este turno que CEL presenta mayor consumo en kgMS, en donde si bien la tasa de consumo no es diferente estadísticamente, en términos absolutos MON presenta una tasa de consumo 18,7% menor a CEL; a su vez, en el turno matutino ocurre el comportamiento inverso.

En el turno de la noche no se presentan diferencias significativas entre tratamientos tanto en kg consumidos (0,99 y 0,98 para MON y CEL respectivamente) como en % del ofrecido (88,50 vs 89,92 para MON y CEL respectivamente). En este sentido, para el consumo nocturno, Alayón et al. (2023) reportaron un 29% de consumo nocturno para MON y CEL, mientras que en el presente estudio se encontraron valores similares, siendo éstos 24,4% de alimento total por día, consumido en la noche para MON y 23,3% para CEL.

El bajo nivel de consumo nocturno en porcentaje del ofrecido por día también puede relacionarse con que la actividad de rumia se da principalmente en la noche; Arnold (1981) y Balocchi et al. (2002) determinaron que entre el 50 y el 70% de la rumia total se daba en horas nocturnas.

Por otra parte, la probabilidad de encontrar un animal rumiando, mostró valores sustancialmente menores a lo reportado por Leites et al. (2022); esta reducción en torno a un 10-12%, se explica por la diferencia en la composición de las dietas utilizadas. La dieta utilizada por estos autores presentaba un 20% de heno de alfalfa en su composición, alimento que aporta más fibra efectiva a la dieta y genera un mayor nivel de rumia ya que presenta un tamaño de partícula mayor y por lo tanto se considera como fibra larga (Beauchemin, 1991; Mertens, 1997); mientras que en este estudio la dieta es más concentrada, con menor contenido de FDN (3,93% menos de $aFDN_{mo}$ % que Leites et al., 2022), y la ausencia de fibra larga.

A su vez, el promotor de la rumia, dado por la inclusión de GEA, como fuente de fibra corta, se encuentra incorporado en niveles menores al óptimo recomendado para esta categoría (17 vs 23%) (Beretta et al., 2016). En síntesis, si bien los animales presentaron un bajo nivel de rumia, lograron una buena performance general y no presentaron ningún tipo de desorden metabólico o trastornos digestivos como lo son la acidosis o el timpanismo, ambos muy frecuentes en terneros jóvenes alimentados con

dietas muy concentradas y con bajos niveles de inclusión de fibra (Bartley & Nagaraja, 1983; Schwartzkopf-Genswein et al., 2003).

Por último, en relación al confort animal, cuando se analizó la actividad de descanso echado y descanso parado, se observaron diferencias significativas para ambos comportamientos ($P = 0,0101$ y $P = 0,0044$ respectivamente). Esta diferencia fue de 5,58% y 6,3% para cada comportamiento respectivamente, siendo CEL quien mostró una mayor probabilidad de encontrar a un animal descansando echado, y viceversa para MON. Dicha actividad comportamental, puede estar explicada por los efectos de la adición de Celmanax™ en la dieta, ya que permite un mayor nivel de confort térmico.

Bajo condiciones de estrés térmico, los animales reducen el tiempo de descanso echados (Tripon et al., 2013); por lo tanto, para las condiciones dadas, con un verano con temperaturas y niveles de humedad elevados, debido a la gran ocurrencia de precipitaciones (Figura 6), que resultaron en una elevada exposición al estrés térmico (74% de los días con $ITH_{Haj} > 74$), acentuada por la alta ocurrencia de olas de calor (56% de los días) y, más aún en una categoría tan crítica y sensible como lo son los terneros de destete precoz, la inclusión de Celmanax™ en la dieta generaría una ventaja comparativa para hacerle frente al estrés por calor presente en el verano.

Asimismo, este nivel de estrés térmico puede haber afectado el CMS de los animales (Chase, 2006, como se cita en Angel et al., 2018). En el presente estudio se reportó un CMS de 3,02 y 3,07% del peso vivo para MON y CEL respectivamente, mientras que, los valores reportados por Leites et al. (2022) también para terneros de destete precoz alimentados a corral, fueron de 3,42 y 3,64% del peso vivo para MON y CEL respectivamente, en un verano con menores niveles estrés térmico. A su vez, el mayor nivel de concentración energética de la dieta utilizada en el presente experimento también puede haber disminuido el CMS (Mertens, 1994) expresado como %PV en comparación a los autores antes mencionados.

Por otra parte, los niveles de cortisol en sangre medidos, si bien fueron estadísticamente iguales al iniciar el período experimental ($0,67 \pm 0,11 \mu\text{g/dl}$), se diferenciaron al finalizar el mismo (interacción tratamiento por semana, $P = 0,0489$), con valores menores para CEL vs MON ($1,32 \mu\text{g/dl}$ vs $1,72 \mu\text{g/dl}$). Los valores de cortisol encontrados se relacionan a los reportados por Boissy y Le Neindre (1997), Lay et al. (1992) y Mormède et al. (2007) quienes definen que los niveles basales de cortisol en sangre rondan entre $0,4143$ y $0,5438 \mu\text{g/dl}$, mientras que bajo situaciones de estrés pueden llegar a valores superiores a $4 \mu\text{g/dl}$.

El aumento en los valores de cortisol desde el inicio hacia fin del periodo experimental denotaría un aumento en los niveles de estrés de los terneros a medida que avanza el período experimental el cual puede estar causado por la propia dieta. Al mismo tiempo, la diferencia en los valores finales medidos, muestran un efecto del tratamiento, a favor de CEL, donde se podría hipotetizar que la inclusión de Celmanax™ en la dieta causaría una mejora en la respuesta inmunológica de los animales ante situaciones de estrés (Jouany, 2006).

Más específicamente, los β -glucanos, compuestos obtenidos a través de la hidrólisis enzimática de la pared celular de las levaduras y por tanto presentes en Celmanax™, se ligan a las micotoxinas y las inhiben, como también modulan el sistema inmune, generando que éste esté más preparado para responder frente a situaciones

de estrés (Fadl et al., 2020; Van den Abbeele et al., 2020). Por otro lado, los manano oligosacáridos (compuestos obtenidos de la misma manera que los β -glucanos) presentan un efecto indirecto sobre el desarrollo de bacterias benéficas como los *Lactobacillus*, y junto con la D-manosa disminuyen la colonización de *Escherichia coli* y *Salmonella* a través de la inhibición de la adhesión de estas al rumen (Fairchild et al., 2001; Heinrichs et al., 2003; Spring et al., 2000; Terré et al., 2007).

Broadway et al. (2020) también determinaron una tendencia ($P = 0,08$) a la disminución de los niveles de cortisol en sangre durante un evento de estrés calórico utilizando levaduras vivas y un producto derivado de la pared celular de las levaduras, alcanzando valores de cortisol de 0,55 $\mu\text{g/dl}$ con el agregado de este aditivo, y valores de 0,65 $\mu\text{g/dl}$ sin el agregado del mismo. Respuesta similar a la obtenida en este experimento con el agregado de Celmanax™, por lo que se puede inferir una mejora en el confort térmico en dichos animales.

Por último, la disminución en el aumento del nivel de cortisol en sangre de CEL confirmaría los efectos de la adición de Celmanax™ en la dieta sobre el sistema inmune, como también los efectos sobre la salud animal ya que los animales no presentaron ningún tipo de trastorno alimenticio, ni casos de coccidiosis, afección muy común en terneros jóvenes sometidos a estrés, cambios de dieta y/o hacinamiento (Soni, 1998), todos cambios y/o situaciones ocurridas en este experimento. Asimismo, estudios como el presentado por Silva et al. (2018) determinaron que la inclusión de un producto derivado de las levaduras disminuyó la presencia de la enfermedad respiratoria bovina (BRD por sus siglas en inglés) en novillos de carne, la cual no se presentó en el presente experimento, aun cuando se ofreció una RTM molida.

Como síntesis general, podemos afirmar que la sustitución de monensina sódica por un producto de origen natural como lo es Celmanax™ en dietas concentradas para terneros de destete precoz a corral, permite mantener la misma ganancia de peso, teniendo a su vez potenciales efectos sobre el confort térmico y la capacidad de respuesta inmunológica de los animales, disminuyendo además los niveles de cortisol en sangre. Sin embargo, existen aún, otros posibles efectos favorables sobre la salud, respuesta inmunológica y performance que no han sido estudiados ni comprendidos en profundidad. Por ello, el presente estudio puede ser utilizado como puntapié para futuras investigaciones que permitan explicar y/o confirmar en su totalidad los efectos potenciales de las levaduras y sus derivados en la alimentación de terneros de destete precoz a corral.

6. Conclusiones

La inclusión de un aditivo natural derivado de levaduras hidrolizadas (*Saccharomyces cerevisiae*), en sustitución de la monensina sódica, en dietas sin fibra larga de terneros de destete precoz alimentados a corral, permitió alcanzar el mismo desempeño animal, con un posible beneficio extra sobre la respuesta al estrés y el confort animal.

7. Bibliografía

- Acosta, N. A. (2025). *Caracterización productiva de terneros destetados precozmente con énfasis en el período de acostumbramiento* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Servicio de corrección bibliográfica.
<http://tesis.fagro.edu.uy/index.php/tg/catalog/book/384>
- Agtarap, A., Chamberlin, J. W., Pinkerton, M., & Steinlauf, L. (1967). Structure of monensic acid, a new biologically active compound. *Journal of the American Chemical Society*, 89(22), 5737-5739. <https://doi.org/10.1021/ja00998a062>
- Aiello, R. J., Armentano, L. E., Bertics, S. J., & Murphy, A. T. (1989). Volatile fatty acid uptake and propionate metabolism in ruminant hepatocytes. *Journal of Dairy Science*, 72(4), 942-949. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79187-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79187-6)
- Alayón, V., Quintela, S., & Uriarte, C. (2023). *Uso de levaduras o aceites esenciales en sustitución de monensina sódica como aditivo nutricional en dietas concentradas ofrecidas a terneras Hereford alimentadas a corral* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Servicio de corrección bibliográfica.
<http://tesis.fagro.edu.uy/index.php/tg/catalog/book/132>
- Alderman, G., & Cottrill, B. R. (Comps.). (1993). *Energy and protein requirements of ruminants*. CAB International.
- Al-Dobaib, S. N., & Mousa, H. M. (2009). Benefits and risks of growth promoters in animal production. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7(2), 202-208. https://www.researchgate.net/publication/286316147_Benefits_and_risks_of_growth_promoters_in_animal_production
- Allen, J. D., Hall, L. W., Collier, R. J., & Smith, J. F. (2015). Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 118-127. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7704>
- Alugongo, G. M., Xiao, J., Wu, Z., Li, S., Wang, Y., & Cao, Z. (2017). Review: Utilization of yeast of *Saccharomyces cerevisiae* origin in artificially raised calves. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8, Artículo e34. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0165-5>
- Álvarez Nogal, P. J. (1995). Los probióticos como complemento alimenticio en raciones para vacas de leche, terneros y novillos de engorde. *Mundo Ganadero*, (11), 38-46. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_1995_11_95_38_46.pdf
- Angel, S. P., Amitha, J. P., Rashamol, V. P., Vandana, G. D., Savitha, S. T., Afsal, A., Bagath, M., Krishnan, G., & Sejian, V. (2018). Climate change and cattle production: Impact and adaptation. *Journal of Veterinary Medicine and Research*, 5(4), Artículo e1134. <https://www.jsimedcentral.com/journal-article-pdf/Journal-of-Veterinary-Medicine-and-Research/veterinarymedicine-5-1134.pdf>

- Arm and Hammer Animal Nutrition. (2016). *Spanish - Celmanax™: Unlocking the Power of the Yeast Cell* [Video]. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=eT7nOqSL94w&t=58s>
- Arnold, G. (1981). Grazing behavior. En F. H. W. Morley (Ed.). *Grazing animals* (pp. 79-104). Elsevier.
- Bacha, F., Llanes, N., & Bueno, E. (2005). *Alimentación de terneros en ausencia de promotores de crecimiento de tipo antibiótico: Control de timpanismo y acidosis*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/102-alimentacion_terneros.pdf
- Baines, D., Sumarah, M., Kuldau, G., Juba, J., Mazza, A., & Masson, L. (2013). Aflatoxin, fumonisin and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* infections in calves and the effectiveness of Celmanax®/Dairyman's Choice™ applications to eliminate morbidity and mortality losses. *Toxins*, 5(10), 1872-1895.
<https://doi.org/10.3390/toxins5101872>
- Ballou, M. A. (2014). Nutrition and immunity for pre-weaned dairy calves. En M. L. Eastridge (Ed.), *23rd Tri-State Dairy Nutrition Conference* (pp. 41-52). CABI.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20143239205#>
- Balocchi, O., Pulido, R., & Fernández, J. (2002). Comportamiento de vacas lecheras en pastoreo con y sin suplementación de concentrado. *Agricultura Técnica*, 62(1), 87-98.
- Barra, F. (2005). *Manejo de la alimentación de animales a corral*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/01-manejo_alimentacion_a_corral.pdf
- Bartley, E. E., & Nagaraja, T. G. (1983). Effect of lasalocid or monensin on feedlot (grain) bloat in cattle. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, (1), 1-4. <https://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/handle/2097/6951/cattle83pg1-4.pdf?sequence=1>
- Beauchemin, K. A. (1991). Ingestion and mastication of feed by dairy cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 7(2), 439-463.
[https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)30794-5](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30794-5)
- Beck, P., & Biggs, R. (2022). *Feed additives for beef cattle production*. Oklahoma State University Extension. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/print-publications/afs/feed-additives-for-beef-cattle-production-afs-3038.pdf>
- Beretta, V., Simeone A., Elizalde, J. C., Caorsi, C. J., & Lamarca, M. (2012). Destete precoz a corral: Una nueva herramienta para una nueva cría. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *14ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Una nueva cría... un nuevo engorde... una nueva ganadería* (pp. 14-27). UPIC.

- Beretta, V., Simeone, A., Pancini, S., Cedrés, M., García, E., Oneto, L., & Zabalveytia, N. (2016). Grano entero de avena: Una nueva opción como fuente de fibra en dietas de corral. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *18ª Jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: A pasto y a corral, dos caminos con un mismo destino: La rentabilidad* (pp. 36-45). UPIC.
- Bergen, W. G., & Bates, D. B. (1984). Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. *Journal of Animal Science*, *58*(6), 1465-1483.
<https://doi.org/10.2527/jas1984.5861465x>
- Bertipaglia, L. M. A. (2008). *Suplementação protéica associada a monensina sódica e Saccharomyces cerevisiae na dieta de novilhas mantidas em pastagens de capim-marandu* [Disertación doctoral]. Universidade Estadual Paulista.
- Boissy, A., & Le Neindre, P. (1997). Behavioral, cardiac and cortisol responses to brief peer separation and reunion in cattle. *Physiology & Behavior*, *61*(5), 693-699.
[https://doi.org/10.1016/s0031-9384\(96\)00521-5](https://doi.org/10.1016/s0031-9384(96)00521-5)
- Branine, M. E., & Galyean, M. L. (1990). Influence of grain and monensin supplementation on ruminal fermentation, intake, digesta kinetics and incidence and severity of frothy bloat in steers grazing winter wheat pasture. *Journal of Animal Science*, *68*(4), 1139-1150. <https://doi.org/10.2527/1990.6841139x>
- Broadway, P. R., Carroll, J. A., Burdick Sanchez, N. C., Cravey, M. D., & Corley, J. R. (2020). Some negative effects of heat stress in feedlot heifers may be mitigated via yeast probiotic supplementation. *Frontiers in Veterinary Science*, *6*, Artículo e515. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00515>
- Brown, M. (2011). Modes of action of probiotics: Recent developments. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, *10*(14), 1895-1900.
https://www.researchgate.net/publication/279401898_Modes_of_Action_of_Probiotics_Recent_Developments
- Burjel, V., Simeone, A., Beretta, V., Pancini, S., Zabalveytia, N., Bentancur, O., Hernández, B., Petro, L. & Stoletniy, E. (2025). ¿Es importante considerar la edad del ternero cuando se desteta precozmente, o es suficiente con utilizar el peso como único criterio? En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *26ª Jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Tecnología y rentabilidad en el negocio ganadero* (pp. 26-35). UPIC.
- Calsamiglia, S., Castillejos, L., & Busquet, M. (2005). *Estrategias nutricionales para modificar la fermentación ruminal en vacuno lechero*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/11-modificar_fermentacion_ruminal.pdf
- Casanova, D. (2020). *Efecto de la suplementación con DDGS y el encierro diurno sobre el comportamiento productivo de novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibri.
<https://hdl.handle.net/20.500.12008/30153>

- Chalupa, W. (1975). Rumen bypass and protection of proteins and amino acids. *Journal of Dairy Science*, 58(8), 1198-1218. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(75\)84697-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(75)84697-2)
- Cook, N. B., Mentink, R. L., Bennett, T. B., & Burgi, K. (2007). The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 1674-1682. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-634>
- Danielo, J., McCarty, K. J., Tipton, J. E., Ricks, R. E., & Long, N. M. (2020). Effects of post-weaning supplementation of immunomodulatory feed ingredient on body weight and cortisol concentrations in program-fed beef heifers. *Domestic Animal Endocrinology*, 72, Artículo e106427. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2019.106427>
- De Grossi, A. (2003). Control del Amamantamiento: Tecnologías para mejorar el resultado del entore: Destete Temporario. *Revista del Plan Agropecuario*, (108), 37-39. https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R108/R108_37.pdf
- Di Marco, O. (2011). *Estimación de calidad de los forrajes*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf
- Di Marco, O. N. (2006). *Crecimiento de vacunos para carne*. INTA.
- Dinius, D. A., & Baile, C. A. (1977). Beef cattle response to a feed intake stimulant given alone and in combination with propionate enhancer and an anabolic agent. *Journal of Animal Science*, 45(1), 147-153.
- Doležal, P., Dvořáček, J., Doležal, J., Cermáková, J., Zeman, I., & Szwedziak, K. (2011). Effect of feeding yeast culture on ruminal fermentation and blood indicators of Holstein dairy cows. *Acta Veterinaria Brno*, 80(2), 139-145.
- Duff, G. C., & Galyean, M. L. (2007). Board-invited review: Recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 85(3), 823-840.
- Eigenberg, R. A., Brown-Brandl, T. M., Nienaber, J. A., & Hahn, G. L. (2005). Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle: Part 2. Predictive relationships. *Biosystems Engineering*, 91(1), 111-118. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.02.001>
- European Commission. (2005, 22 de diciembre). *Ban on antibiotics as growth promoters in animal feed enters into effect*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_05_1687

- Fadl, S. E., El-Gammal, G. A., Sakr, O. A., Salah, A. A. B. S., Atia, A. A., Prince, A. M., & Hegazy, A. M. (2020). Impact of dietary Mannan-oligosaccharide and β -Glucan supplementation on growth, histopathology, E-coli colonization and hepatic transcripts of TNF- α and NF- κ B of broiler challenged with E. coli O78. *BMC Veterinary Research*, 16(1), Artículo e204. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02423-2>
- Fairchild, A. S., Grimes, J. L., Jones, F. T., Wineland, M. J., Edens, F. W., & Sefton, A. E. (2001). Effects of hen age, Bio-Mos, and Flavomycin on poult susceptibility to oral Escherichia coli challenge. *Poultry Science*, 80(5), 562-571. <https://doi.org/10.1093/ps/80.5.562>
- Ferrell, M. C., Owens, F. N., Phelps, D. A. & Gill, D. R. (1982). Ionophores and digestibility of feedlot rations. En Oklahoma Agricultural Experiment Station (Ed.), *1982 research reports* (pp. 220-222). Oklahoma State University. https://extension.okstate.edu/programs/beef-extension/research-reports/site-files/documents/1982/rr82_51.pdf?utm
- Ferrés, L., Pelufo, F., & Uriarte, M. M. (2023). *Efecto del uso de extracto de levaduras o aceites esenciales en sustitución de la monensina en dietas de novillos en engorde sobre la performance a corral y a la faena* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Servicio de corrección bibliográfica. <http://tesis.fagro.edu.uy/index.php/tg/catalog/book/177>
- Gaggia, F., Mattarelli, P., & Biavati, B. (2010). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *International Journal of Food Microbiology*, 141(Suppl.), S15-S28. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031>
- Ganner, A., & Schatzmayr, G. (2012). Capability of yeast derivatives to adhere enteropathogenic bacteria and to modulate cells of the innate immune system. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 95(2), 289-297. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4140-y>
- Geymonat, D. (1984). Manejo reproductivo en bovinos para carne: Destete temporario. En M. Dutra & H. Montauban (Eds.), *5to Congreso Latinoamericano de Buiatría: XII Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. P1-P9). CMVP.
- Gorga, L., & Piegas, F. (2024). Cadena de la carne vacuna: Situación y perspectivas. En *Anuario OPYPA 2024* (pp. 2-36). MGAP.
- Graminha, C. V., Martins, A. L. M., Faião, C. A., & Balsalobre, M. A. A. (2016). *Aditivos na produção de bovinos confinados*. <https://silo.tips/downloadFile/aditivos-na-producao-de-bovinos-confinados>
- Hahn, G. L. (1999). Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Animal Science*, 77(Suppl. 2), 10-20. https://doi.org/10.2527/1997.77suppl_210x

- Heinrichs, A. J., Jones, C. M., & Heinrichs, B. S. (2003). Effects of mannan oligosaccharide or antibiotics in neonatal diets on health and growth of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *86*(12), 4064-4069. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74018-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74018-1)
- Instituto Uruguayo de Meteorología. (s.f.). *Tablas estadísticas*. <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
- Jiménez de Aréchaga, C., & Pittaluga, O. (2006). Manejo de la vaca de cría. En M. Bemhaja & O. Pittaluga (Eds.), *30 años de investigación en suelos de areniscas INIA Tacuarembó* (pp. 91-101). INIA. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3008/1/18429250309101451.pdf>
- Jones, C. M., & Heinrichs, J. (2025). *Feeding the newborn dairy calf*. The Pennsylvania State University. <https://extension.psu.edu/feeding-the-newborn-dairy-calf>
- Jouany, J. P. (2006). Optimizing rumen functions in the close-up transition period and early lactation to drive dry matter intake and energy balance in cows. *Animal Reproduction Science*, *96*(3-4), 250-264. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.005>
- Jouany, J. P., & Morgavi, D. P. (2007). Use of 'natural' products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal*, *1*(10), 1443-1466. <https://doi.org/10.1017/S1751731107000742>
- Kröger, I., Humer, E., Neubauer, V., Reisinger, N., Aditya, S., & Zebeli, Q. (2017). Modulation of chewing behavior and reticular pH in nonlactating cows challenged with concentrate-rich diets supplemented with phytogenic compounds and autolyzed yeast. *Journal of Dairy Science*, *100*(12), 9702-9714. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12755>
- Latimer, G. W. (Ed.). (2012). *Official methods of analysis of AOAC International* (19th ed.). AOAC International.
- Lay, D. C., Jr, Friend, T. H., Bowers, C. L., Grissom, K. K., & Jenkins, O. C. (1992). A comparative physiological and behavioral study of freeze and hot-iron branding using dairy cows. *Journal of Animal Science*, *70*(4), 1121-1125. <https://doi.org/10.2527/1992.7041121x>
- Lei, C. L., Dong, G. Z., Jin, L., Zhang, S., & Zhou, J. (2013). Effects of dietary supplementation of montmorillonite and yeast cell wall on lipopolysaccharide adsorption, nutrient digestibility and growth performance in beef cattle. *Livestock Science*, *158*(1-3), 57-63. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.08.019>
- Leites, M., Silveira, G., & Suanes, J. M. (2022). *Efecto de la sustitución de monensina sódica por aceites esenciales o levaduras sobre la performance de terneros destetados precozmente y alimentados a corral con dietas concentradas* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Servicio de corrección bibliográfica. <http://tesis.fagro.edu.uy/index.php/tg/catalog/book/51>

- Lesmeister, K. E., Heinrichs, A. J., & Gabler, M. T. (2004). Effects of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 87(6), 1832-1839. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73340-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73340-8)
- Mader, T. L., Davis, M. S., & Brown-Brandl, T. (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 84(3), 712-719. <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>
- Mader, T. L., Davis, S., Gaughan, J., & Brown-Brandl, T. M. (2004, 25-26 de agosto). *Wind speed and solar radiation adjustments for the temperature-humidity index* [Contribución]. 16th Conference on Biometeorology and Aerobiology, Vancouver. <https://ams.confex.com/ams/pdfpapers/77847.pdf>
- Mao, J., & Wang, L. (2025). Rumen acidosis in ruminants: A review of the effects of high-concentrate diets and the potential modulatory role of rumen foam. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, Artículo e1595615. <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1595615>
- Marques, R. D. S., & Cooke, R. F. (2021). Effects of ionophores on ruminal function of beef cattle. *Animals*, 11(10), Artículo e2871. <https://doi.org/10.3390/ani11102871>
- McCarty, K. J., Tipton, J. E., Ricks, R. E., Danielo, J., Thompson, J. S., Block, E., Pratt, S. L., & Long, N. M. (2022). Effects of postweaning supplementation of immunomodulatory feed ingredient on circulating cytokines and microbial populations in programmed fed beef heifers. *Journal of Animal Science*, 100(1), Artículo skab367. <https://doi.org/10.1093/jas/skab367>
- Mertens, D. R. (1994). Regulation of forage intake. En G. C. Fahey Jr. (Ed.), *Forage quality, evaluation and utilization* (pp. 450-493). ASA; CSSA; SSSA. <https://doi.org/10.2134/1994.foragequality.c11>
- Mertens, D. R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1463-1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)
- Mertens, D. R. (2002, 24-25 de abril). *Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets* [Contribución]. Proceedings of the Plains Nutrition Council Spring Conference, San Antonio, Texas. <https://www.nutritionmodels.com/papers/MertensPNC2002.pdf>
- Mertens, D. R., & Ely, L. O. (1982). Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization: A dynamic model evaluation. *Journal of Animal Science*, 54(4), 895-905. <https://doi.org/10.2527/jas1982.544895x>
- Millet, S., & Maertens, L. (2011). The European ban on antibiotic growth promoters in animal feed: From challenges to opportunities. *The Veterinary Journal*, 187(2), 143-144. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.05.001>

- Mormède, P., Andanson, S., Aupérin, B., Beerda, B., Guémené, D., Malmkvist, J., Manteca, X., Manteuffel, G., Prunet, P., van Reenen, C. G., Richard, S., & Veissier, I. (2007). Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior*, *92*(3), 317-339. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.12.003>
- Nagaraja, T. G., Avery, T. B., Bartley, E. E., Galitzer, S. J., & Dayton, A. D. (1981). Prevention of lactic acidosis in cattle by lasalocid or monensin. *Journal of Animal Science*, *53*(1), 206-216. <https://doi.org/10.2527/jas1981.531206x>
- National Research Council. (1988). *Nutrient requirements of dairy cattle* (6th ed.). National Academy Press.
- National Research Council. (1996). *Nutrient requirements of beef cattle* (7th ed.). National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Nutrient requirements of beef cattle: Update 2000* (7th rev. ed.). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9791>
- Neubauer, V., Petri, R., Humer, E., Kröger, I., Mann, E., Reisinger, N., Wagner, M., & Zebeli, Q. (2018). High-grain diets supplemented with phytogenic compounds or autolyzed yeast modulate ruminal bacterial community and fermentation in dry cows. *Journal of Dairy Science*, *101*(3), 2335-2349. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13565>
- Nienaber, J. A., Hahn, G. L., Brown-Brandl, T. M., & Eingenberg, R. A. (2003). Heat stress climatic conditions and the physiological responses of cattle. En K. Janni (Ed.), *Proceedings of the Fifth International Dairy Housing Conference* (pp. 255-262). ASABE.
- Nocek, J. E., Holt, M. G., & Oppy, J. (2011). Effects of supplementation with yeast culture and enzymatically hydrolyzed yeast on performance of early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *94*(8), 4046-4056. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4277>
- Odriozola, N. (2004). *Intoxicación por monensina*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/intoxicaciones/41-intoxicacion_por_monensina.pdf
- Owens, F. (2021, 22-23 de setiembre). *Ionophores for growing and finishing beef cattle: History, benefits, challenges, and global warming* [Contribución]. Minnesota Nutrition Conference, Minnesota. https://mnnutritionconf.umn.edu/sites/mnnutritionconf.umn.edu/files/2021-09/ADM%203%20MAN%20Owens%20final_0.pdf
- Owens, F. N., Secrist, D. S., Hill, W. J., & Gill, D. R. (1998). Acidosis in cattle: A review. *Journal of Animal Science*, *76*(1), 275-286. <https://doi.org/10.2527/1998.761275x>

- Pancini, S., Simeone, A., Beretta, V., Burjel, V., & Zabalveytia, N. (2024). Aditivos nutricionales en la alimentación a corral: ¿Qué son y por qué son importantes? La experiencia de la UPIC. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *25ª Jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: UPIC: 25 jornadas de propuestas tecnológicas: Para una ganadería más rentable* (pp. 50-61). UPIC.
- Pancini, S., Simeone, A., Beretta, V., Burjel, V., Zabalveytia, N., Acosta, N., de Fleitas, V. & Dotti, M. (2025). Ajuste en la práctica del Destete Precoz: ¿Cuáles son los aspectos operativos que tenemos que tener en cuenta para lograr una buena performance de los terneros? En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *26ª Jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Tecnología y rentabilidad en el negocio ganadero* (pp. 15-25). UPIC.
- Pandey, A. K., Kumar, P., & Saxena, M. J. (2019). Feed additives in animal health. En R. C. Gupta, A. Srivastava & R. Lall (Eds.), *Nutraceuticals in veterinary medicine* (pp. 345-362). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8_23
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(5), 1633-1644. <https://hess.copernicus.org/articles/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.pdf>
- Placha, I., Gai, F., & Pogány Simonová, M. (2022). Natural feed additives in animal nutrition: Their potential as functional feed. *Frontiers in Veterinary Science*, 9(4), Artículo e1062724. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1062724>
- Polsky, L., & von Keyserlingk, M. A. G. (2017). Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 8645-8657. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>
- Ponce, C. H., Schutz, J. S., Elrod, C. C., Anele, U. Y., & Galyean, M. L. (2012). Effects of dietary supplementation of a yeast product on performance and morbidity of newly received beef heifers. *The Professional Animal Scientist*, 28(6), 618-622.
- Pordomingo, A. J. (2003). *Gestión ambiental en el feedlot: Guía de buenas prácticas*. INTA. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/15328#>
- Querol, A., Belloch, C., Fernández-Espinar, M. T. & Barrio, E. (2003). Molecular evolution in yeast of biotechnological interest. *International Microbiology*, 6(3), 201-205. <https://doi.org/10.1007/s10123-003-0134-z>
- Quintans, G., Bancharo, G., Carriquiry, M., López, C., & Baldi, F. (2008). Efecto de la condición corporal y la restricción del amamantamiento con y sin presencia del ternero sobre la producción de leche, anestro posparto y crecimiento de los terneros. En G. Quintans, J. I. Velazco & G. Roig (Eds.), *Seminario de actualización técnica: Cría vacuna* (pp. 172-181). INIA. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6592/1/18429240309132410.pdf>

- Quintans, G., Echeverria, J., Scarsi, A., & Rovira, P. J. (2013). Efecto del suministro de ración en comederos de autoconsumo en terneros destetados precozmente. En G. Quintans & A. Scarsi (Eds.), *Seminario de actualización técnica: Cría vacuna* (pp. 207-218). INIA. <https://inia.uy/sites/default/files/publications/2024-06/18429260813122332.pdf>
- Quintans, G., Scarsi, A., Velazco, J. I., López Mazz, C., & Banchemo, G. (2013). Destete temporario con tablilla nasal 14 días y suplementación durante el mismo período en vacas multíparas: Resultados preliminares. En G. Quintans & A. Scarsi (Eds.), *Seminario de actualización técnica: Cría vacuna* (pp. 197-205). INIA. <https://inia.uy/sites/default/files/publications/2024-06/18429260813122332.pdf>
- Quintans, G., & Vázquez, A. I. (2002). Efecto del destete precoz en vacas y terneros: Resultados de tres años. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada Anual de Producción Animal: Resultados Experimentales* (pp. 58-63). <https://www.inia.uy/sites/default/files/publications/2024-06/ad-294.pdf>
- Red de Seguridad Alimentaria. (2018). *Resistencia a la monensina: Informe final del Grupo Ad Hoc RAM-Monensina*. CONICET.
- Reglamento (CE) n° 1831/2003: Del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2003 sobre los aditivos en la alimentación animal. (2003). *Diario Oficial de la Unión Europea*, L268, 29-43. <https://www.boe.es/doue/2003/268/L00029-00043.pdf>
- Reis, R. A., Oliveira, A. D., Siqueira, G. R., & Gatto, E. (2011, 18-20 de agosto). *Semiconfinamento para produção intensiva de bovinos de corte* [Contribución]. Simpósio Matogrossense de Bovinocultura de Corte, Mato Grosso.
- Reis, W., Bonato, M. A., Pacheco, R., de Paula, N. F., & Souza, F. A. (2024). Could yeast derivatives change beef cattle water intake in different scenarios? *Journal of Animal Science*, 102(Suppl. 3), 337-338. <https://doi.org/10.1093/jas/skae234.384>
- Russell, J. B., & Strobel, H. J. (1989). Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(1), 1-6. <https://doi.org/10.1128/aem.55.1.1-6.1989>
- Salinas-Chavira, J., Montano, M. F., Torrentera, N., & Zinn, R. A. (2018). Influence of feeding enzymatically hydrolysed yeast cell wall + yeast culture on growth performance of calf-fed Holstein steers. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 327-330. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1299742>
- Sartori, E. D., Canozzi, M. E. A., Zago, D., Prates, Ê. R., Velho, J. P., & Barcellos, J. O. J. (2017). The effect of live yeast supplementation on beef cattle performance: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Agricultural Science*, 9(4), 21-37. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n4p21>

- Schwartzkopf-Genswein, K. S., Beauchemin, K. A., Gibb, D. J., Crews, D. H., Hickman, D. D., Streeter, M., & McAllister, T. A. (2003). Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: A review. *Journal of Animal Science*, *81*(2), E149-E158.
https://www.researchgate.net/publication/254065082_Effect_of_bunk_management_on_feeding_behavior_ruminal_acidosis_and_performance_of_feedlot_cattle_A_review
- Short, R. E., & Adams, D. C. (1988). Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *Canadian Journal of Animal Science*, *68*(1), 29-39.
<https://doi.org/10.4141/cjas88-003>
- Silva, L. G. T., Cooke, R. F., Schubach, K. M., Brandão, A. P., Marques, R. S., Schumacher, T. F., Moriel, P., & Bohnert, D. W. (2018). Supplementing a yeast-derived product to enhance productive and health responses of beef steers. *Animal*, *12*(8), 1576-1583. <https://doi.org/10.1017/S1751731117003585>
- Silveira Pimentel, P. R., dos Santos Brant, L. M., Vasconcelos de Oliveira Lima, A. G., Costa Cotrim, D., Costa Nascimento, T. V., & Lopes Oliveira, R. (2022). How can nutritional additives modify ruminant nutrition? *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, *54*(1), 175-189.
<https://doi.org/10.48162/rev.39.076>
- Simeone, A., & Beretta, V. (2002). *Destete precoz en ganado de carne*. Hemisferio Sur.
- Simeone, A., Beretta, V., Acuña, M., Loustau, M., & Suárez, A. (2014). Subproductos de destilería de sorgo y respuesta animal: Efecto de la inclusión de WDG de sorgo en la dieta de terneras de destete precoz alimentadas en confinamiento. 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. 50-57). UPIC.
- Simeone, A., Beretta, V., Burjel, V., Zabalveytia, N., Leites, M., Silveira, G., Suanes, J. M., Alayón, V., Quintela, S., & Uriarte, C. (2022). Viabilidad de uso del extracto de levadura o aceites esenciales sustituyendo a la monensina en la recría de vacunos alimentados a corral. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *23ª Jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Haciendo cuentas: Los números de la cría y la invernada, con buenos y malos precios* (pp. 32-37). UPIC.
- Simeone, A., Beretta, V., Casanova, D., Zabalveytia, N., Burjel, V., Menéndez, A., & Pinczak, F. (2021). Efecto de niveles crecientes de inclusión de grano de lupino en la suplementación de terneros de destete precoz. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *22ª Jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Nuevos datos para una ganadería más eficiente* (pp. 48-55). UPIC.

- Simeone, A., Beretta, V., Clerc, J. V., Fonseca, M., & Rocco, J. (2014). Sustitución de la proteína verdadera por niveles crecientes de urea de lenta liberación (OPTIGEN) en terneros de destete precoz alimentados en confinamiento. 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. 64-69). UPIC.
- Simeone, A., Beretta, V., & Fonseca, F. (1999). Destete precoz y comportamiento reproductivo de vacas de cría en Uruguay. En A. Simeone & V. Beretta (Eds.), *Cuarta Jornada Técnica: Destete precoz: Fundamentos, realidad y perspectivas de la tecnología en Uruguay* (pp. 1-7). UPIC.
https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/44625/6/EEMAC_4a%20Jornada%20T%C3%A9cnica%20UPIC.pdf
- Simeone, A., & Lobato, J. F. P. (1996). Efeito da lotação animal em campo nativo e do controle de amamentação no comportamento reproductivo de vacas de corte primíparas. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 25(6), 1216-1227.
- Simeone, A., Trujillo, A. I., Córdoba, G., Gil, J., & Rodríguez, M. (1996). Performance reproductiva de vacas Hereford sometidas a destete precoz. En Asociación Uruguaya de Producción Animal (Ed.), *Congreso Uruguayo de Producción Animal* (pp. 235-237).
- Soares de Lima, J. M. (2009). Los sistemas de cría vacuna en Uruguay: Situación actual y oportunidades de superación. *Revista INIA*, (20), 21-36.
<https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2154/1/14432220710110622.pdf>
- Soni, C. A. (1998). *Enfermedades que afectan a los terneros de destete precoz: Su prevención*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/destete/30-enfermedades_terneros_destete_precoz.pdf
- Spring, P., Wenk, C., Dawson, K. A., & Newman, K. E. (2000). The effects of dietary mannaoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of salmonella-challenged broiler chicks. *Poultry Science*, 79(2), 205-211. <https://doi.org/10.1093/ps/79.2.205>
- Standing Committee on Agriculture and Resource Management. (1990). *Feeding standards for Australian livestock: Ruminants*. CSIRO.
- Stobo, I. J., Roy, J. H., & Gaston, H. J. (1966). Rumen development in the calf: 1. The effect of diets containing different proportions of concentrates to hay on rumen development. *British Journal of Nutrition*, 20(2), 171-188.
<https://doi.org/10.1079/bjn19660021>
- Suárez-Machín, C., & Guevara-Rodríguez, C. A. (2017). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes: Revisión bibliográfica. *ICIDCA: Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(2), 21-30.

- Terré, M., Calvo, M. A., Adelantado, C., Kocher, A., & Bach, A. (2007). Effects of mannan oligosaccharides on performance and microorganism fecal counts of calves following an enhanced-growth feeding program. *Animal Feed Science and Technology*, 137(1-2), 115-125.
- Titgemeyer, E. C. (2003). Amino acid utilization by growing and finishing ruminants. En J. P. F. D'Mello (Ed.), *Amino acids in animal nutrition* (pp. 329-346). CABI. <https://doi.org/10.1079/9780851996547.0329>
- Tripon, I., Czyszter, L. T., Bura, M., & Sossidou, E. N. (2013). Effects of seasonal and climate variations on calves' thermal comfort and behaviour. *International Journal of Biometeorology*, 58(7), 1471-1478. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0749-5>
- Turnidge, J. (2004). Antibiotic use in animals: Prejudices, perceptions and realities. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 53(1), 26-27. <https://doi.org/10.1093/jac/dkg493>
- Van den Abbeele, P., Duysburgh, C., Rakebrandt, M., & Marzorati, M. (2020). Dried yeast cell walls high in beta-glucan and mannan-oligosaccharides positively affect microbial composition and activity in the canine gastrointestinal tract in vitro. *Journal of Animal Science*, 98(6), Artículo skaa173. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa173>
- Van Keulen, J., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44(2), 282-287.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant* (2nd ed.). Cornell University Press.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(91)78551-2)
- Wagner, J. J., Engle, T. E., Belknap, C. R., & Dorton, K. L. (2016). Meta-analysis examining the effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on feedlot performance and carcass traits. *The Professional Animal Scientist*, 32(2), 172-182. <https://doi.org/10.15232/pas.2015-01438>
- West J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2131-2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)
- Wiegand, J. B., Cooke, R. F., Brandão, A. P., Schubach, K. M., Colombo, E. A., Daigle, C. L., Duff, G. C., & Gouvêa, V. N. (2020). Impacts of commingling cattle from different sources on their physiological, health, and performance responses during feedlot receiving. *Translational Animal Science*, 4(4), Artículo txa204. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa204>

- Wileman, B. W., Thomson, D. U., Reinhardt, C. D., & Renter, D. G. (2009). Analysis of modern technologies commonly used in beef cattle production: Conventional beef production versus nonconventional production using meta-analysis. *Journal of Animal Science*, 87(10), 3418-3426. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1778>
- Zanine, A. M., de Oliveira, J. S., & Santos, E. M. (2006). Importância, uso, mecanismo de ação e retorno econômico dos ionóforos na nutrição de ruminantes. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária e Zootecnia de Garça*, 3(6). https://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/lpV3KjvZgASjCp3_2013-5-20-15-28-42.pdf