

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

USO DE LEVADURAS O ACEITES ESENCIALES EN SUSTITUCIÓN DE
MONENSINA SÓDICA COMO ADITIVO NUTRICIONAL EN DIETAS
CONCENTRADAS OFRECIDAS A TERNERAS HEREFORD
ALIMENTADAS A CORRAL

por

Valentín ALAYÓN LOITEY
Sofía QUINTELA PEYRE
Cecilia URIARTE PÉREZ

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2023

Trabajo final de grado aprobado por:

Directores: -----
Ing. Agr. Álvaro Simeone

Ing. Agr. Virginia Beretta

Tribunal: -----
Ing. Agr. Álvaro Simeone

Ing. Agr. Virginia Beretta

Ing. Agr. María Victoria Burjel

Fecha: 17 de marzo de 2023

Estudiante: -----
Valentín Alayón Loitey

Sofía Quintela Peyre

Cecilia Uriarte Pérez

AGRADECIMIENTOS

A nuestros tutores, Ing. Agr. Virginia Beretta e Ing. Agr. Álvaro Simeone, por el compromiso y apoyo a lo largo de cada una de las etapas.

A la Ing. Agr. Natalia Zabalveytia e Ing. Agr. Victoria Burjel, por su constante ayuda y compañerismo en el transcurso del trabajo.

A los funcionarios de la EEMAC, especialmente al Sr. Diego Mosqueira, por su ayuda en el trabajo de campo.

A Hernán González, Facundo Moreira, Agustín Arza y Leandro Costa, que realizaron su trabajo final en el mismo momento que nosotros y siempre nos brindaron su buena disposición.

Por último, queremos agradecer a nuestras familias y amigos, por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	7
<u>RESUMEN</u>	8
<u>SUMMARY</u>	9
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	10
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	12
2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	12
2.2. <u>VARIABLES QUE AFECTAN LA PERFORMANCE ANIMAL</u>	13
2.2.1. <u>Consumo y eficiencia de conversión</u>	13
2.2.2. <u>Fermentación ruminal</u>	14
2.2.3. <u>Desórdenes metabólicos</u>	15
2.2.3.1. <u>Acidosis</u>	15
2.2.3.2. <u>Timpanismo</u>	15
2.2.4. <u>Sanidad</u>	16
2.3. <u>ADITIVOS</u>	16
2.3.1. <u>Monensina</u>	17
2.3.1.1. <u>Modo acción</u>	17
2.3.1.2. <u>Efecto de la monensina sobre consumo, ganancia de peso y EC</u> ..	18
2.3.1.3. <u>Efecto de la monensina sobre acidosis</u>	20
2.3.1.4. <u>Efecto de la monensina sobre timpanismo</u>	21
2.3.1.5. <u>Efecto de la monensina sobre pubertad</u>	21
2.3.1.6. <u>Otros efectos de la monensina</u>	22
2.3.2. <u>Aceites esenciales</u>	22
2.3.2.1. <u>Modo de acción</u>	22
2.3.2.2. <u>Efecto de los AE sobre consumo, ganancia y EC</u>	24
2.3.2.3. <u>Efecto de los AE sobre respuesta inmune</u>	25
2.3.3. <u>Levaduras</u>	25
2.3.3.1. <u>Modo de acción</u>	26
2.3.3.2. <u>Efecto de levaduras sobre consumo, ganancia de peso y EC</u>	28
2.3.3.3. <u>Efecto de levaduras sobre acidosis</u>	29

2.3.3.4. Efecto de levaduras sobre timpanismo	29
2.3.3.5. Efecto de las levaduras sobre parásitos internos	30
2.4. SÍNTESIS INTERPRETATIVA.....	30
2.5. HIPÓTESIS.....	31
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	32
3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....	32
3.2. CLIMA	32
3.3. INFRAESTRUCTURA	32
3.4. ALIMENTOS.....	33
3.5. ANIMALES Y TRATAMIENTOS	33
3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	34
3.6.1. <u>Período de acostumbramiento</u>	34
3.6.2. <u>Período experimental de aplicación de los tratamientos</u>	34
3.7. MANEJO SANITARIO.....	35
3.8. DETERMINACIONES	35
3.8.1. <u>Peso vivo y altura al anca</u>	35
3.8.2. <u>Consumo de materia seca</u>	35
3.8.3. <u>Patrón de consumo</u>	35
3.8.4. <u>Digestibilidad <i>in vivo</i></u>	35
3.8.5. <u>Aporte de fibra efectiva de la dieta</u>	36
3.8.6. <u>Comportamiento animal</u>	36
3.8.7. <u>pH ruminal</u>	36
3.9. ANÁLISIS QUÍMICO.....	36
3.10. VARIABLES CALCULADAS.....	37
3.10.1. <u>Ganancia media diaria</u>	37
3.10.2. <u>Eficiencia de conversión</u>	37
3.10.3. <u>Factor de efectividad y % de FDN efectiva</u>	37
3.10.4. <u>Consumo de nutrientes</u>	37
3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	37
4. <u>RESULTADOS</u>	40
4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS.....	40
4.2. RACIONES EXPERIMENTALES.....	40
4.3. CRECIMIENTO ANIMAL	41

4.4. CONSUMO Y EC	42
4.5. DIGESTIBILIDAD APARENTE Y PH	43
4.6. COMPORTAMIENTO ANIMAL Y PATRÓN DE CONSUMO	45
4.7. METEORISMO	48
5. <u>DISCUSIÓN</u>	49
5.1. CONDICIONES AMBIENTALES	49
5.2. TIPO DE DIETA.....	49
5.3. PERFORMANCE ANIMAL	50
5.3.1. <u>Efecto de la sustitución de monensina por AE o LEV sobre el crecimiento</u>	50
5.3.2. <u>Efecto de la sustitución de monensina por AE o LEV sobre el consumo, comportamiento y desórdenes metabólicos</u>	51
5.3.3. <u>Efecto de la sustitución de monensina por AE o LEV sobre la eficiencia de conversión</u>	54
6. <u>CONCLUSIONES</u>	56
7. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	57
8. <u>ANEXOS</u>	70

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

	Página
Tabla 1: <i>Medias mensuales históricas de temperatura, humedad relativa y precipitaciones, durante los meses que se realizó el experimento</i>	32
Tabla 2: <i>Composición química analítica de las raciones experimentales</i>	33
Tabla 3: <i>Efecto de la sustitución de monensina por aceites esenciales o levaduras en raciones concentradas sobre las variables de crecimiento en terneras alimentadas a corral</i>	41
Tabla 4: <i>Efecto del tratamiento, la semana y día de medición sobre el consumo promedio de materia seca (CMS) y eficiencia de conversión (EC) en terneras alimentadas a corral</i>	43
Tabla 5: <i>Efecto de la sustitución de monensina por levaduras y aceites esenciales sobre la digestibilidad (%) y consumo (kg/día) de la materia seca, materia orgánica y fibra detergente neutro</i>	44
Tabla 6: <i>Distribución del consumo de materia seca diurno en las distintas franjas horarias evaluadas en terneras alimentadas a corral</i>	47
Tabla 7: <i>Incidencia de meteorismo según tratamiento, ternera (n° caravana) y fecha de ocurrencia</i>	48

	Página
Figura 1: <i>Temperatura media mensual y precipitación acumulada promedio mensual, para agosto, setiembre, octubre y noviembre, el año experimental y la serie histórica 1991-2020</i>	40
Figura 2: <i>Efecto de la sustitución de monensina por levaduras o aceites esenciales sobre la evolución de peso vivo de terneras alimentadas a corral en régimen de ADT</i>	42
Figura 3: <i>Efecto de la sustitución de monensina por levaduras o aceites esenciales sobre la evolución semanal del consumo de materia seca (kg/a/día) en terneras bajo régimen ADT con dietas altamente concentradas</i>	43
Figura 4: <i>Evolución del pH para cada uno de los tratamientos, medido en las fechas 17/9, 30/10 y 13/11 del 2021 en terneras alimentadas a corral con una dieta alta en concentrados</i>	45
Figura 5: <i>Efecto de la sustitución de monensina por levadura o aceites esenciales en la dieta de terneras sobre la probabilidad de ocurrencia de las actividades de consumo, rumia, descanso y agua para los tratamientos en estudio</i>	45
Figura 6: <i>Efecto de la sustitución de monensina por levaduras o aceites esenciales en el patrón de consumo diurno medido en intervalos de 2 horas en terneras bajo régimen ADT</i>	47

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el potencial uso de los aceites esenciales y de las levaduras como aditivos nutricionales en sustitución de la monensina, en dietas de corral para terneras bajo el régimen de ADT. Surge como respuesta a la prohibición de la Unión Europea del uso de antibióticos para estimular el crecimiento animal. El mismo se llevó a cabo en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Paysandú, Uruguay precisamente en los corrales de encierro de la Unidad de Producción Intensiva de Carne y estuvo comprendido entre el 12 de agosto y el 13 de noviembre de 2021.

Se utilizaron 30 terneras Hereford provenientes del rodeo experimental de la EEMAC, nacidas en la primavera de 2020 y con un peso promedio de $204 \pm 24,3$ kg. Fueron distribuidas al azar en 3 tratamientos definidos por el aditivo agregado en la dieta: 1) Testigo: alimentación *ad libitum* de la dieta RTM + 0,5 g de una fuente de monensina sódica al 20%; 2) Aceites esenciales: alimentación *ad libitum* de la dieta RTM + 0,7 g de una fuente de aceites esenciales; 3) Celmanax: alimentación *ad libitum* de la dieta RTM + 1 g de una fuente de levadura hidrolizada. Las terneras fueron alimentadas en corrales individuales por lo que la unidad experimental representa a cada animal y los tratamientos quedaron constituidos por 10 repeticiones individuales.

Tanto para el consumo de materia seca, como eficiencia de conversión y crecimiento, no se presentaron diferencias significativas entre el tratamiento testigo (monensina) y los alternativos, a pesar de que sí se observó una tendencia a mayor crecimiento utilizando levadura. Esto denota la viabilidad, desde el punto de vista productivo, de sustituir a la monensina sódica por productos alternativos como aceites esenciales o extractos de levaduras en raciones para terneros bajo una estrategia de alimentación a corral.

Palabras clave: alimentación diferencial del ternero (ADT), corral, aditivos nutricionales, terneras, monensina, levaduras (Celmanax), aceites esenciales

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the potential use of essential oils and yeasts as nutritional additives as a replacement of monensin in calves' diets under feedlot conditions. It arose in response to the European Union's ban on the use of antibiotics to stimulate animal growth. It was carried out at the "Estación Experimental Mario A. Cassinoni", Paysandú, Uruguay, precisely in the confinement pens of the "Unidad de Producción Intensiva de Carne", from August 12 to November 13, 2021.

Thirty Hereford heifers from the EEMAC experimental herd, born in the spring of 2020 and with an average weight of 204 ± 24.3 kg, were used. They were randomly assigned to 3 treatments determined by the additive incorporated to the diet: 1) Control: *ad libitum* feeding of TMR diet + 0.5 g 20% monensin sodium source; 2) Essential oils: *ad libitum* feeding of TMR diet + 0.7 g essential oil source; 3) Celmanax: *ad libitum* feeding of TMR diet + 1 g hydrolysed yeast source. Calves were fed in individual pens, therefore the experimental unit represents each animal and the treatments consisted of 10 individual replicates.

There were no significant differences between the control and alternative treatments for dry matter intake, conversion efficiency and growth, even though a trend was shown towards higher growth by the use of yeast. This suggests that alternative products, such as essential oils or yeast extracts, could be used to replace monensin in the diets of calves as part of a feedlot feeding strategy.

Keywords: differential calf feeding, feedlot, nutritional additives, calves, monensin, yeasts (Celmanax), essential oils

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la ganadería vacuna, la recría, en relación a la invernada, es un proceso al que se le asigna una menor superficie (Beretta & Simeone, 2008), implicando esto un desafío desde el punto de vista de la asignación de recursos. La principal limitante para esta categoría en invierno radica en las bajas ganancias de peso diarias de los terneros, asociadas al bajo plano nutricional de la dieta.

El confinamiento estratégico de terneros, denominado “sistema ADT”, se plantea como una opción para levantar dicha limitante y se alimenta al ternero con una dieta concentrada, de mayor calidad (Simeone et al., 2008). Esta técnica permite potenciar el crecimiento invernal de la categoría y obtener una buena eficiencia de conversión del alimento, explicado fundamentalmente por una alta relación músculo/grasa y bajos requerimientos de mantenimiento. A su vez, aumenta la eficiencia del proceso de producción, ya que se redirecciona el suministro de un alimento de alto costo como lo es el grano, frecuentemente utilizado en los animales de terminación, a una categoría más eficiente en la conversión del alimento.

Los aditivos son compuestos que se adicionan a la dieta de los vacunos y que se usan con el objetivo de mejorar la eficiencia de producción y el estado general del animal. Las raciones comerciales utilizadas generalmente contienen monensina, un antibiótico que comúnmente es adicionado a las dietas. El mismo tiene como función principal mejorar la eficiencia de conversión mediante la regulación de la fermentación ruminal (Rumsey, 1984).

El empleo de la monensina, y otros antibióticos, como promotores de crecimiento en la producción animal fue prohibido en 2006 en la Unión Europea como parte de la estrategia de seguridad alimenticia y de salud pública. Debido a esta prohibición y a la importancia de dicho mercado en las exportaciones de carne uruguaya, es que surge la necesidad de buscar alternativas al uso de este aditivo.

En este sentido, cobran importancia los aditivos de origen natural que puedan sustituir a la monensina para que la carne sea destinada a nichos donde los consumidores valoren ese atributo y de esta forma se le agregue valor al producto final. Si bien en los últimos años ha incrementado el interés por parte de los investigadores en el estudio de los aceites esenciales y/o levaduras, todavía no se cuenta con información certera de los efectos de la sustitución de monensina por los mismos en la producción de vacunos para carne, en particular para terneros durante su primer invierno de vida.

El presente trabajo tuvo como objetivo general evaluar el potencial de uso de los aceites esenciales y de las levaduras como aditivos nutricionales en sustitución de la monensina en dietas de corral para terneros. Como objetivos específicos se evaluó la respuesta en términos de ganancia de peso vivo, consumo y eficiencia de uso del alimento; además de caracterizarse el efecto de los

tratamientos en el pH ruminal, la digestibilidad *in vivo* de la dieta, el patrón de consumo y el comportamiento en terneros bajo régimen de ADT.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN

La recría sobre campo natural en invierno en Uruguay presenta ciertas dificultades, ya que se experimentan pérdidas de peso explicadas por el bajo valor nutricional de la dieta base y por la baja oferta de forraje. En este sentido, es que se plantea la estrategia de confinamiento de dicha categoría, denominada Alimentación Diferencial del Ternero o “sistema ADT” (Simeone et al., 2008).

Las ventajas que presenta esta estrategia de manejo es que, por las características de la categoría en cuestión, se aprovecha la elevada eficiencia de conversión (EC) y el potencial de ganancia de peso, logrando así animales de 15 meses de edad con 300 kg de peso vivo (PV) (Simeone et al., 2008; Elizalde, 2015).

Los antecedentes de experimentos llevados a cabo en Uruguay por Simeone et al. (2008), donde evaluaron la estrategia de encierre de terneros desde el punto de vista del crecimiento animal, encontraron como promedio de dos años consecutivos, ganancias medias diarias (GMD) de 0,880 kg/animal/día. Asociado a esta ganancia, la EC lograda fue de 6,4:1; siendo la relación concentrado:voluminoso de la dieta 80:20. Estos resultados permiten potenciar el crecimiento invernal del ternero, sin perjudicar las ganancias logradas a la salida del corral.

La concentración de energía de la dieta es el factor (dentro del alimento) más importante que afecta la EC. Frente a una dieta con una concentración energética baja, el agregado de granos aumenta la concentración de esta y a su vez aumenta el consumo de materia seca (CMS). Este aumento proporcional en el consumo de energía provoca una mejora en la ganancia de peso y en la EC. En cambio, si el consumo de energía aumenta aún más, se reduce el CMS mientras que el consumo de energía se mantiene constante. En dicho caso, la ganancia de peso puede mantenerse constante o tender a aumentar un poco, lo que supone una mejora en la EC (Elizalde, 2015).

Cuando la dieta contiene menos del 15% de forraje, la principal fuente de energía proviene del grano. La calidad del forraje ofrecido deja de ser relevante, y pasa a cobrar mayor importancia la habilidad que tenga la fibra para sostener la rumia e insalivación a lo largo del tiempo. En dichas situaciones, la fibra debe ser muy efectiva en estimular la masticación y el contenido de fibra debe ser alto. Con un forraje de menor calidad la digestibilidad tiende a aumentar en comparación a uno de mayor calidad, donde suele disminuir su digestibilidad. Esto ocurre debido a que el forraje de menor calidad contiene mayor cantidad de fibra, permitiendo mantener y estimular el proceso de rumia e insalivación logrando alcanzar un pH ruminal más elevado que un forraje de mayor calidad (Elizalde, 2015).

Para dietas de feedlot altamente concentradas, Fox y Tedeschi (2002) recomiendan valores de fibra detergente neutro físicamente efectiva (FDN_{fe}) entre 7 y 10% de la materia seca de la dieta. Dicha recomendación se fundamenta en que serían los niveles requeridos para que el pH del rumen se mantenga por encima de 5,7, ya que, por debajo de éste, el CMS se puede ver afectado.

Los aditivos son compuestos que se añaden en las dietas de bovinos y tienen como objetivo principal una mejora en la EC y/o en la ganancia de peso, actuando como moduladores de la fermentación ruminal. Asimismo, también pueden tener otros beneficios en la salud del animal, como por ejemplo reducir acidosis, meteorismo, coccidiosis, entre otros (Graminha et al., 2016).

En relación al uso de antibióticos como promotores de crecimiento en las dietas animales, ha incrementado la preocupación sobre los riesgos potenciales para la salud humana y problemas ambientales que conlleva el uso de los mismos. Si bien en Uruguay su uso está permitido, en 2006 la Comisión Europea prohíbe su uso en la nutrición animal (Reglamento 1831/2003/CEE). En este sentido, se definen como potenciales alternativas los aceites esenciales y levaduras, los cuales han sido objeto de estudio en numerosos experimentos con diversos resultados.

En la presente revisión, primeramente, se presentan las principales variables afectando la performance animal en condiciones de alimentación a corral con dietas concentradas, seguido del análisis de la monensina, las levaduras y los aceites esenciales, focalizando en sus características, modo de acción y cómo estos aditivos influyen en cada una de las variables de interés en un corral de vacunos para carne.

2.2. VARIABLES QUE AFECTAN LA PERFORMANCE ANIMAL

2.2.1. Consumo y eficiencia de conversión

La forma de suministro de alimento *ad libitum* es la más frecuente en los manejos de alimentación a corral. Cuando el consumo no está limitado, no se generan períodos de ayuno que luego puedan generar situaciones de sobreconsumo y eventuales problemas digestivos, además se minimiza la competencia entre animales (Simeone et al., 2019).

Esta estrategia de consumo se enfoca principalmente en el manejo de los comederos, de tal forma que, mediante el ajuste de la cantidad de alimento proporcionado, el residual no exceda un cierto porcentaje de lo entregado y a su vez se optimice la performance animal (Galyean, 1999, Schwartzkopf-Genswein & Gibb, 2000, como se citan en Schwartzkopf-Genswein et al., 2003).

La EC indica la cantidad de materia seca de alimento necesario por unidad de ganancia de peso y refiere a cuánto produce un animal con el alimento consumido (Di Marco, 2004, 2006). Sobre dicha variable actúan distintos factores que la modifican, dentro de ellos se encuentra la edad, el sexo, el biotipo animal,

ganancia de peso y el peso promedio durante la permanencia en el corral (Simeone et al., 2019). Los autores afirman que, conforme avanza la edad del animal, la EC empeora, siendo así los terneros la categoría más eficiente para convertir alimento en producto animal. Por otro lado, al pasar de machos a hembras la EC aumenta. Estas diferencias se explican por la dinámica de deposición de tejido magro y graso, ya que la deposición de este último tejido es más costosa energéticamente (Simeone et al., 2018, 2019). En este sentido, Pordomingo (2013) indica que entre terneros y terneras no hay diferencias en cuanto a EC, pero sí las hay entre vaquillonas y novillos.

La EC es una variable que determina el éxito de un corral, debido a que el consumo y la ganancia de peso, como determinantes de la EC, son los que principalmente influyen en la rentabilidad de la actividad, en conjunto con el precio de compra y precio de venta. Otro factor, de menor importancia que los anteriores, que incide en la rentabilidad, es el precio del grano, ya que está asociado a los kg de alimento consumidos (Elizalde, 2015).

2.2.2. Fermentación ruminal

La fermentación ruminal es un proceso muy complejo en el cual participan diversos tipos de microorganismos (m.o.) que le permiten al rumiante la utilización de fibra y proteína microbiana sintetizada en el rumen. Si bien esto representa una ventaja para el rumiante, en este proceso hay pérdidas, tanto de energía ingerida como de proteína, en forma de metano (CH_4) y nitrógeno amoniacal, respectivamente (Van Nevel & Demeyer, 1988, como se cita en Calsamiglia et al., 2005). McDonald et al. (1999) reportan pérdidas del 7% de la energía proveniente del alimento ingerido, bajo la forma de CH_4 . Para reducir estas ineficiencias se puede manipular el ambiente ruminal mediante la correcta formulación de las dietas y/o el uso de aditivos, teniendo en cuenta que entre los m.o. del rumen existen interrelaciones complejas, donde por querer minimizar ineficiencias se pueden perjudicar procesos deseables (Calsamiglia et al., 2005; Di Lorenzo, 2011).

Cuando el ganado es alimentado con gran cantidad de grano, la digestión ruminal de los carbohidratos, la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) y en consecuencia las concentraciones de AGV ruminales son mucho mayores que cuando son alimentados con mayor proporción de forraje (Russell, 1999, como se cita en Fox & Tedeschi, 2002). Si bien el acetato es el AGV que se produce en mayor concentración, cuando se concentra la dieta, la producción de propionato aumenta en detrimento de la de acetato (Van Lier & Regueiro, 2008).

La fermentación del propionato es más eficiente desde el punto de vista energético y reduciría las pérdidas de energía por CH_4 asociadas a la producción de acetato y butirato (Wolin, 1960, Hungate, 1966, como se citan en Richardson et al., 1976). Esto se explica porque, tanto en la formación de acetato como en la de butirato a partir de una molécula de glucosa, se pierden dos carbonos, los cuales

luego serán usados para la formación de dióxido de carbono (CO₂) y CH₄. Esto no sucede en la formación del propionato (Van Lier & Regueiro, 2008).

2.2.3. Desórdenes metabólicos

De las enfermedades metabólicas que pueden afectar a los rumiantes, aquellas que afectan al complejo retículo-rumen son las que generan mayores pérdidas económicas. Grandes variaciones en la ingesta por parte del ganado cuando es alimentado con dietas muy concentradas, con elevadas dosis de carbohidratos de fácil fermentación, aumentan la probabilidad de causar trastornos digestivos y metabólicos (Bacha et al., 2005).

2.2.3.1. Acidosis

La acidosis se genera cuando cambia abruptamente la dieta de los rumiantes, pasando de forrajes a concentrados, o cuando determinado tipo de estrés genera que disminuya el consumo y que luego se produzca un alto consumo anormal de concentrados (Goodrich et al., 1984).

El desarrollo de acidosis subclínica y clínica en el ganado vacuno de un corral implica una interacción compleja entre ingesta, composición de la dieta, m.o. ruminales y el propio animal (Schwartzkopf-Genswein et al., 2003). Los fenómenos de acidosis pueden ser agudos (pH inferior a 5,5) o subclínicos (pH inferior a 6,25); y una de las principales consecuencias que presentan es la alteración en la digestibilidad de la fibra generando una disminución en el valor energético de los alimentos (Bacha et al., 2005).

Tradicionalmente, las dietas consumidas por ganado de carne en engorde a corral contienen gran proporción de granos y poca fibra perteneciente a forrajes. Estas dietas tienen la característica que son de alta calidad y se digieren rápidamente en el rumen, provocando así grandes concentraciones de AGV y relativamente bajo pH (Beauchemin et al., 2001, como se cita en Schwartzkopf-Genswein et al., 2003). Esto puede resultar en una reducción del consumo, ya que el animal en un intento de limitar la producción de AGV, busca ayudar a restablecer el nivel de pH ruminal. El problema es que cuando este se restablece, el animal vuelve a aumentar mucho su consumo, baja el pH ruminal y el ciclo vuelve a empezar (Schwartzkopf-Genswein et al., 2003).

2.2.3.2. Timpanismo

El timpanismo se puede generar en rumiantes pastoreando leguminosas o en encierros en los cuales la dieta se basa en altas proporciones de grano y bajas proporciones de fibra. En este último caso, se da un aumento en la viscosidad del contenido ruminal, por agentes bacterianos, que luego, en conjunto con los gases de los procesos fermentativos, se transforman en la espuma característica de este desorden metabólico (Bartley & Nagaraja, 1983). En relación a los granos, los de

trigo y cebada son altamente digestibles, por lo que se consideran predisponentes a causar este trastorno. Por esto mismo, se recomiendan granos de digestión más retardada como lo son los de maíz y sorgo (Pordomingo, 2005).

2.2.4. Sanidad

Las dietas basadas en alimentos concentrados en conjunto con la mayor concentración de animales por unidad de superficie, suponen un mayor riesgo para el desarrollo de algunas enfermedades en los sistemas de encierro (Banchero et al., 2016). Estos autores realizaron un relevamiento a 71 asesores técnicos de sistemas de engorde a corral sobre los principales problemas sanitarios y de manejo en dichos sistemas en Uruguay. En relación a los problemas sanitarios, se reporta que, junto con la acidosis, los problemas podales y las enfermedades clostridiales son las más importantes en al menos 1 de cada 4 establecimientos. La queratoconjuntivitis y problemas respiratorios representan 1 de cada 10 establecimientos. Estos resultados difieren un poco con Edwards (1996), donde la principal enfermedad reportada para los encierros de Estados Unidos corresponde a las enfermedades respiratorias. En dicho país, los desórdenes digestivos ocupan entre 3 al 7%, mientras que en nuestro país es la principal causa reportada.

Las enfermedades parasitarias son un aspecto importante a tener en cuenta ya que pueden generar pérdidas productivas. En este sentido, la desparasitación al ingreso del corral es una práctica de suma importancia para cortar el ciclo de vida de los helmintos (Miranda et al., 2013). También hay que tener en cuenta la posible resistencia que dichos parásitos hayan generado por el uso indebido de antihelmínticos, ya que Fazzio et al. (2012, 2014, 2016) observaron disminuciones en la ganancia diaria de peso provocadas por parásitos resistentes. Otra parasitosis de relevancia en estos sistemas es la coccidiosis, generada por *Eimeria sp.*, aunque la misma se presenta con mayor frecuencia en la categoría de destete precoz. Para prevenir esta afección se cuenta con la opción de incluir coccidiostáticos como la monensina en la dieta (Miranda et al., 2013).

2.3. ADITIVOS

El uso de aditivos en la producción de bovinos para carne tiene como principal objetivo optimizar la fermentación ruminal. En este sentido, se pueden encontrar varias alternativas que cumplan dicha función y que se clasifican en dos grandes grupos: aquellos 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).

En los siguientes ítems se presentará la revisión correspondiente a los aditivos sobre aspectos relacionados a sus características, modo de acción y cómo influyen en variables de interés en los sistemas de producción de ganado de carne.

2.3.1. Monensina

La monensina es un antibiótico del grupo de los ionóforos, producido por cepas de *Streptomyces cinnamonensis* (Odriozola, 2004).

Los ionóforos son una clase de antibióticos, que inicialmente fueron usados como anti coccidiostáticos en aves, y luego comenzaron a ser utilizados en dietas de rumiantes, ya que perjudican el crecimiento de determinados m.o. presentes en el rumen. Dentro de los ionóforos, los más conocidos son monensina, lasalocida y salinomycin (Nicodemo, 2001).

El uso de ionóforos en la nutrición animal sirve principalmente para la mejora en la EC, mediante la regulación de los productos finales de la fermentación ruminal, o ganancia de peso, aunque también se pueden presentar otros beneficios secundarios, en términos de sanidad animal, asociados al uso de los mismos (Rumsey, 1984; Graminha et al., 2016).

La dosis de monensina recomendada para su inclusión en las dietas es de 1 a 3 mg/kg PV. Este ionóforo es muy seguro de adicionar en las dietas ya que la toxicidad se presenta cuando las dosis superan los 30 mg/kg PV (Odriozola, 2004).

2.3.1.1. Modo acción

Al igual que cualquier ionóforo, el mecanismo de acción de la monensina se basa en alterar el pasaje de cationes a través de la membrana celular a favor de un gradiente eléctrico. El ionóforo se une a una sustancia polar y actúa como transportador de iones H^+ y cationes (K^+ y Na^+), conduciendo así a un aumento de H^+ en el citoplasma. Esto genera un desequilibrio entre la generación de energía por la célula y el gasto de energía para retirar el exceso de H^+ interno, causando así que la célula bacteriana muera (Graminha et al., 2016; Odriozola, 2004).

Las bacterias Gram positivas sólo producen energía por la entrada y salida de H^+ de la célula, mientras que las Gram negativas presentan una vía extra de producción de energía en la propia membrana celular. Por ello, es que las primeras son las afectadas por la presencia del ionóforo y reducen su población en el rumen, mientras que las Gram negativas pasan a predominar (Graminha et al., 2016). Siguiendo con lo planteado por los autores, como consecuencia se producen cambios a nivel ruminal ya que las Gram positivas son las encargadas de producir acetato, butirato, H_2 y formiato, mientras que las Gram negativas producen succinato y propionato. Éstas últimas, al empezar a predominar van a hacer un uso mayor del H_2 para producir propionato, lo cual va a afectar indirectamente a las bacterias metanogénicas, disminuyendo así sus poblaciones y productos finales (CH_4 y CO_2).

Según Moseley et al. (1977), en un ensayo con vaquillonas en confinamiento, no se encontraron diferencias en la producción total de AGV del

tratamiento con monensina y del tratamiento control. En donde sí se encontraron diferencias fue en la proporción de los mismos, dado que la inclusión de monensina disminuyó la concentración de acetato y butirato, y aumentó la de propionato, en comparación al control.

Por lo tanto, el efecto neto que trae consigo la alteración en las poblaciones de los distintos m.o. del rumen, por la vía del uso de monensina, es el aumento en la producción de propionato a expensas de la producción de acetato (Schelling, 1984).

2.3.1.2. Efecto de la monensina sobre consumo, ganancia de peso y EC

A partir de la década del '70 la monensina ha sido reconocida como una herramienta de la nutrición animal cuyo uso permite una mejora en la EC, como resultado de un menor CMS sin modificar ganancia diaria de PV, específicamente en sistemas de engorde a corral (Bretschneider, 2009).

Bajo condiciones de confinamiento, animales alimentados a base de dietas con alto contenido de grano han reportado disminuciones en el consumo de entre 5 y 6 % (Owens, 1980, Anonymous, 1975a, como se citan en Schelling, 1984). Mientras que las disminuciones en dietas de confinamiento con alto contenido de forraje han sido menores (Schelling, 1984). A su vez, este autor afirma que los aumentos en la tasa de ganancia, debidos a la monensina en dietas con un nivel moderado de forraje son leves. Sin embargo, en conjunto con la disminución del consumo, las respuestas de EC por el agregado de este aditivo son significativas.

De acuerdo con Goodrich et al. (1984), de un total de 228 ensayos revisados en los cuales se evaluó el efecto de la inclusión de la monensina en dietas de corral para ganado de carne, se puede resumir que los animales alimentados con monensina tuvieron una disminución en el consumo de 6,4%, un aumento en la ganancia diaria de 1,6% y una disminución de 7,5% del alimento requerido para la ganancia de 100 kg PV. No menos importante, encontraron una desviación estándar de las variables mencionadas anteriormente, de 5,0; 8,5 y 6,5% respectivamente, de las cuales se encontraron posibles explicaciones que pasarán a ser detalladas a continuación.

La variación en el consumo puede estar dada por el consumo diario del grupo control, es decir, sin monensina, el consumo de energía metabolizable (EM) y la concentración de la monensina en la dieta. En los ensayos donde el CMS fue bajo, se observó que los animales alimentados con monensina tuvieron un mayor consumo que el grupo control; mientras que la monensina disminuyó el consumo cuando el mismo fue mayor en el grupo control. En cuanto al consumo de EM, los valores más bajos de CMS por el agregado de monensina, se correspondieron con valores bajos de consumo de EM. Y, por último, la máxima reducción de consumo se encontró con valores de monensina de 35,5 mg/kg MS de alimento.

Las variables que más afectaron las diferencias en ganancia diaria por el agregado de monensina fueron el uso de promotores de crecimiento, la ganancia diaria del tratamiento control, el consumo de EM y la concentración de monensina en la dieta. La mayor variabilidad fue explicada por la ganancia diaria del grupo control, donde se puede interpretar que los animales que son menos eficientes al momento de convertir alimento a ganancia de peso, son los que obtienen una mayor respuesta al agregado de monensina a la dieta, en comparación a aquellos animales que son más eficientes.

En aquellos ensayos donde los animales contaban con promotores de crecimiento (implantes anabólicos), se observaron las mayores ganancias diarias cuando en sus dietas contenían monensina que ante la ausencia de ésta. Además, los animales que fueron alimentados con monensina y no recibieron implantes tuvieron menores ganancias que el control. En cuanto al consumo de EM, los animales que consumieron más cantidad de la misma tuvieron una mayor respuesta al agregado de monensina que aquellos que consumieron menos EM. Por último, se encontró que a mayor agregado de monensina en la dieta, menor la respuesta en ganancia diaria.

Finalmente, la variación de la EC puede ser explicada por factores como la EC del tratamiento control y la concentración de EM en la dieta. La respuesta de la EC a la monensina fue mejor cuando los animales consumían más alimento por cada 100 kg de ganancia y cuando las dietas contenían una concentración de 2,9 Mcal EM/kg MS.

La mejora en la EC por el uso de la monensina podría estar explicada por cambios en el metabolismo energético como puede ser una menor pérdida de energía en forma de CH₄, retención de energía por unidad de ganancia y requerimientos de mantenimiento, así como también, mejoras en la digestibilidad aparente de la materia seca y en los valores de energía neta de mantenimiento (Goodrich et al., 1984).

Según Bergen y Bates (1984) la mejora en la EC se asocia a los cambios que se dan en tres grandes áreas del metabolismo animal. La primera está asociada al aumento de la eficiencia del metabolismo energético, explicado principalmente por el aumento en la proporción de ácido propiónico en relación al ácido acético y butírico (Richardson et al., 1976, Thornton et al., 1976, Chalupa, 1980, como se citan en Bergen & Bates, 1984). A su vez, asociado a estos cambios en las proporciones de los AGV, se ha encontrado una disminución de la producción de CH₄, lo cual en conjunto llevaría a una mayor retención de carbono y energía en la fermentación ruminal y consecuentemente una mejora en la performance animal (Hungate, 1966, Richardson et al., 1976, Chalupa, 1980, como se citan en Bergen & Bates, 1984).

Otra área es la relacionada al metabolismo de nitrógeno, el cual se ve mejorado por un aumento de la proteína de la dieta que escapa a la degradación

ruminal y logra ser digerida y absorbida en el intestino delgado. En diferentes estudios se han encontrado aumentos de 22 – 55% de la proteína bypass (Bergen & Bates, 1984). En este sentido, Van Nevel y Demeyer (1977) en estudios *in vitro*, encontraron que la monensina provoca una disminución de la proteína degradada en el rumen, un aumento de la concentración de nitrógeno α -amino y una disminución de la producción de amoníaco (NH_3). Esto indica que el ionóforo tendría un efecto inhibitorio en las bacterias que se encargan del proceso de desaminación, no así en las que llevan a cabo el proceso de proteólisis.

La tercer y última área refiere al efecto de la monensina sobre los trastornos alimenticios comunes de dietas con altos contenidos de concentrados. Al disminuir o inhibir las poblaciones de bacterias Gram positivas, como lo son aquellas que producen ácido láctico y bajan el pH del rumen, controla la acidosis (Bergen & Bates, 1984). También se ha encontrado evidencia de una disminución en la incidencia de timpanismo en ganado de feedlot con presencia de monensina en su dieta, posiblemente explicado por una disminución de la viscosidad del líquido ruminal (Sakauchi & Hoshino, 1981, como se cita en Bergen & Bates, 1984).

En un metaanálisis (en base a 64 trabajos comprendidos entre 1972 y 2010) evaluando el efecto de la monensina en ganado en crecimiento y terminación, Duffield et al. (2012), reportan que en promedio la EC se reduce en 0,53 kg alimento/kg PV ganado, hallándose una alta heterogeneidad de respuesta en la literatura revisada. Ésta puede ser explicada por factores relacionados a cada ensayo, como el diseño del experimento, la forma de suministro de la monensina, dosis de la misma y composición de la dieta. Siguiendo con lo planteado por los autores, el agregado de monensina en promedio reduce el CMS en 0,27 kg/d y aumenta la GMD en 0,029 kg/d. En dietas con alto contenido energético, el aumento en la concentración de propionato, por causa del agregado de monensina, tendría menor efecto sobre la GMD, pudiendo no haber respuesta, pero sí tener una respuesta marcada en la reducción del CMS.

2.3.1.3. Efecto de la monensina sobre acidosis

El uso de monensina podría prevenir la acidosis, ya que disminuye la población de m.o. productores de lactato del rumen y no afecta a aquellos m.o. que usan el lactato para la formación de propionato, causando así una menor concentración de lactato en el rumen (Dennis et al., 1981, como se cita en Goodrich et al., 1984).

La producción del lactato en el rumen es causada principalmente por *Streptococcus bovis* y *Lactobacillus sp.*, por lo que serían las principales responsables de la aparición de este desorden metabólico. Aunque la monensina inhibe la formación de *Lactobacillus sp.* pero no la de *S. bovis*, igualmente su inclusión en la dieta previene el descenso del pH del rumen y consecuente acidosis (Dennis et al., 1980).

2.3.1.4. Efecto de la monensina sobre timpanismo

Se ha reportado una disminución en la incidencia de meteorismo tanto en animales de feedlot como alimentados sobre pasturas de alfalfa (Goodrich et al., 1984). En vacas consumiendo una dieta alta en granos, la tendencia a que ocurran episodios de timpanismo es mayor, sin embargo, el agregado de monensina redujo en un 64% el nivel de hinchazón cuando el timpanismo ya estaba establecido (Bartley & Nagaraja, 1983).

2.3.1.5. Efecto de la monensina sobre pubertad

En el ensayo de Moseley et al. (1977) una de las variables evaluadas fue el inicio de la pubertad de vaquillonas Hereford y Hereford x Brahman. Al final del período experimental (día 171) el 92% de las vaquillonas del tratamiento con monensina ya habían alcanzado la pubertad, mientras que del tratamiento control sólo un 52% había llegado. A su vez, analizaron cómo se fue dando el inicio de la pubertad a lo largo de todo el período experimental, encontrando que las diferencias estuvieron dadas porque en los últimos 20 días más vaquillonas del tratamiento con monensina alcanzaron la pubertad.

Vaquillonas Charolais x Brahman-Hereford consumiendo concentrado con agregado de monensina presentaron mayor concentración de propionato en el rumen y mejores valores de las variables medidas en el ovario, en relación a vaquillonas control. El aumento en la concentración de propionato por el agregado de monensina causaría una mejora en las características ováricas, que a su vez determinan una mejora en la performance reproductiva (Bushmich et al., 1980).

En vaquillonas cruce cebú en pastoreo, suplementadas al 1% PV con y sin agregado de monensina, se detectó que un 66,6% de las vaquillonas suplementadas con monensina estaban ciclando al fin del experimento, mientras que sólo el 23% de las vaquillonas del grupo testigo estaban ciclando (Stahringer et al., 2003).

La edad a la pubertad en vaquillonas consumiendo una dieta con una relación voluminoso/concentrado de 80:20, fue disminuida por el agregado de monensina. Se puede afirmar que dicha disminución no fue a causa de diferencias en PV o GMD entre los tratamientos. Una posible hipótesis del mecanismo de acción de la monensina sobre la disminución de la edad a la pubertad, podría asociarse a los procesos fermentativos del rumen, al metabolismo energético y sensibilidad del sistema endócrino (Moseley et al., 1982).

2.3.1.6. Otros efectos de la monensina

Según Goodrich et al. (1984) hay evidencia suficiente como para afirmar que la monensina es eficiente para el control de los coccidios y que las dosis necesarias son similares a las que se recomiendan para mejorar la EC.

La monensina ha demostrado ser un compuesto tóxico tanto para larvas de mosca del cuerno (*Haematobia irritans*) como para las de *Musca autumnalis* (face fly o mosca de otoño) en las heces de animales alimentados con monensina, disminuyendo así las poblaciones de estas moscas (Goodrich et al., 1984).

2.3.2. Aceites esenciales

En las últimas décadas se ha incrementado el uso de aceites esenciales (AE) y hierbas aromáticas como sustituto de antibióticos promotores del crecimiento para la nutrición animal ya que mejoran el rendimiento y la eficiencia alimenticia. Una de las razones principales de esta sustitución es la necesidad de encontrar compuestos naturales alternativos a estas sustancias que pueden llegar a ser perjudiciales para la salud humana (Franz et al., 2010; Ornaghi et al., 2017).

Los AE utilizados son extraídos de hierbas, mediante un proceso de destilación al vapor, y forman una mezcla compleja constituida por varios componentes, como los aromáticos que presentan volatilidad (Jang et al., 2007; Benchaar et al., 2006). La concentración de aceites que presenta cada parte de la planta que se utiliza (flores, pétalos, hojas, raíces, tallos) depende de la etapa de crecimiento en la que se encuentra la misma y de las condiciones ambientales (Hart et al., 2008; Dudareva et al., 2004).

A nivel estructural estos aceites pueden ser clasificados en derivado de alcohol, éster o aldehído, y se dividen en dos grupos químicos principales: terpenoides (el más numeroso) y fenilpropanoides (Greathead, 2003; Hart et al., 2008). Dichos grupos son sintetizados por vías metabólicas diferentes en las plantas y se diferencian por su estructura. Los terpenoides derivan de una estructura básica de 5 carbonos llamada unidad isopreno, mientras que los fenilpropanoides poseen cadenas de 3 carbonos unidos a anillos aromáticos de 6 carbonos (Sangwan et al., 2001, como se cita en Polin Raygoza et al., 2014).

2.3.2.1. Modo de acción

Se cree que uno de los principales modos de acción de los AE a nivel ruminal es mediante el proceso de inducción de la muerte celular, detención del ciclo celular y, a su vez, la pérdida de la funcionalidad de organelos esenciales dentro de la célula (Sharifi-Rad et al., 2017).

Los hidrocarburos pertenecientes a los AE actúan a través de una interacción con la membrana celular, explicada por la naturaleza hidrofóbica de los mismos,

que le concede una alta afinidad por los lípidos que se encuentran en la membrana. Esto genera que se acumulen a nivel de la bicapa lipídica de la célula, lo cual puede causar cambios conformacionales en las membranas celulares, resultando en una pérdida de la estabilidad de la membrana y alteraciones en la misma (Griffin et al., 1999; Calsamiglia et al., 2007). La pérdida de estabilidad genera una reducción del gradiente de iones en la pared celular, provocando que se destine el ATP al transporte de iones mediante bombas, con la consecuente reducción del crecimiento de las bacterias e incluso la muerte en algunos casos (Bittner, 2016).

Ante estos cambios, las bacterias Gram positivas son más susceptibles que las Gram negativas, ya que la membrana celular de las Gram positivas puede interactuar directamente con los compuestos hidrofóbicos de los AE. Sin embargo, las Gram negativas cuentan con una membrana externa, cuya naturaleza es hidrofílica, dificultando la penetración de los AE que son lipolíticos (Cox et al., 2001; Cimanga et al., 2002; Burt, 2004; Calsamiglia et al., 2007; Benchaar et al., 2008). No obstante, la membrana externa de las Gram negativas no es completamente impermeable y hay casos en los que las sustancias que presentan un bajo peso molecular, como timol y carvacrol, pueden llegar a interactuar con la bicapa lipídica de las células (Griffin et al., 1999; Dorman & Deans, 2000).

Consecuentemente se dan cambios en las poblaciones bacterianas del rumen que provocan modificaciones en el perfil de fermentación, los cuales van a estar directamente relacionados al extracto vegetal utilizado (Calsamiglia et al., 2007).

El estado de las moléculas de los AE, como disociadas o no disociadas, depende del pH. Un pH ruminal ligeramente ácido provoca que los AE se encuentren en un estado no disociado y se comporten de manera hidrofóbica. En esta situación interactúan de forma más sencilla con las membranas microbianas, permitiendo modificar la población ruminal y proporción y producción de AGV (Cardozo et al., 2005).

Westerhold (2013) evaluó el efecto del agregado de dos AE derivados del ajo y la canela (cinamaldehído y sulfuro de dialilo), sobre las características de la fermentación ruminal *in vivo*, para novillos Hereford. En términos generales, a medida que se aumentó la inclusión de sulfuro de dialilo y cinamaldehído, la producción total de AGV y de acetato disminuyeron de forma cuadrática. Por el contrario, el pH del rumen, la producción de propionato y la de butirato no se vieron afectados por el agregado de estos compuestos.

Cardozo et al. (2006) realizaron dos experimentos con el fin de evaluar el efecto de extracto de alfalfa, anís, capsicum y una mezcla de cinamaldehído y eugenol sobre las características de la fermentación ruminal en vaquillonas. No se encontraron diferencias en la producción de AGV totales ni en las proporciones acetato:propionato entre suministrar extracto de alfalfa (30 g/d), mezcla de cinamaldehído (0,18 g/d) y eugenol (0,09 g/d), una mezcla de estos tres y el control.

Por otro lado, tanto el agregado de aceite de capsicum (1 g/d) como el de anís (2 g/d) o la mezcla de cinamaldehído (0,6 g/d) y eugenol (0,3 g/d) generaron una menor concentración de acetato en relación al testigo. El aceite de anís y la mezcla de cinamaldehído y eugenol por el contrario incrementaron la proporción de propionato. El extracto que presentó la menor relación acetato:propionato fue el de anís.

Busquet et al. (2006) evaluaron los efectos de varios extractos de plantas sobre la fermentación ruminal mediante incubación *in vitro* de líquido ruminal con una dieta 50:50 forraje:concentrado. Fueron suministradas dosis de 3, 30, 300 y 3000 mg/l de líquido ruminal y el experimento fue constituido por un tratamiento control y aceite de anís, aceite de enebro, extracto de pimienta, extracto de canela, extracto de clavo de olor, aceite de eneldo, aceite de jengibre, aceite de ajo, aceite de orégano y extracto de árbol de té. En general, se encontró que con altas dosis de los extractos se disminuyó la concentración total de AGV, con excepción del aceite de enebro, pimienta, eneldo y jengibre. Las proporciones de acetato y propionato fueron disminuidas por los extractos de eneldo, aceite de anís y de árbol de té, sin embargo, aumentó la de butirato.

2.3.2.2. Efecto de los AE sobre consumo, ganancia y EC

Retomando con los experimentos planteados por Cardozo et al. (2006), en dietas altamente concentradas una dosis alta de la mezcla de cinamaldehído y eugenol no afectó el CMS, mientras que una dosis baja de la misma mezcla generó una reducción en el mismo. Contrario a estos resultados, cuando se compara el efecto individual de la adición de distintas dosis de AE de clavo de olor (370 y 740 mg/d de eugenol) y de canela (350 y 700 mg/d de cinamaldehído) en toros confinados con una dieta compuesta en un 90% por concentrado, se reporta que en comparación al tratamiento testigo, el agregado de los AE aumenta el CMS. A su vez, también se reporta mayor GMD en los tratamientos con inclusión de AE, presentando una respuesta lineal al incremento en la dosis. Dichos resultados derivan en que no se encuentren diferencias entre los tratamientos para la EC (Ornaghi et al., 2017). Yang et al. (2010) no encontraron diferencias en CMS ni GMD por agregar distintas dosis de eugenol (entre 400 y 1600 mg/d), para vaquillonas con una dieta 15:85 forraje:concentrado.

En un experimento realizado con terneros Holstein sin castrar consumiendo una dieta 15:85 forraje:concentrado, se evaluó frente a un tratamiento testigo, el agregado de 5 g/día de aceite de tomillo y el de 5 g/día de aceite de canela. No se encontraron diferencias significativas en la GMD, CMS, ni EC (Vakili et al., 2013).

Se encontraron resultados similares entre Cardozo et al. (2006) y Fandiño et al. (2008) cuando se evaluó el agregado de aceite de capsicum (1000 mg/d y 500 mg/d respectivamente) en vaquillonas consumiendo una dieta altamente concentrada. Ambos obtuvieron que el agregado de este AE aumentó el CMS; sin

embargo, los aditivos evaluados y sus dosis no fueron las mismas. Cardozo et al. (2006) comparó frente a un control, además del aceite de capsicum, el aceite de anís (2000 mg/d) y una mezcla de cinamaldehído (600 mg/d) y eugenol (300 mg/d). Por otro lado, Fandiño et al. (2008) contrastó frente al testigo, además del aceite de capsicum, 238 mg/d de monensina y 500 mg/d de extracto de anís.

Benchaar et al. (2006) evaluaron el efecto del agregado de monensina (33 mg/kg MS) y de dos dosis (2 y 4 g/d) de una mezcla de timol, eugenol, vanilina y limoneno, frente a un tratamiento testigo. Estos tratamientos se aplicaron sobre vaquillonas y novillos alimentados con una dieta 75/25 forraje/concentrado. Los resultados mostraron que, mientras que la monensina disminuyó el CMS en comparación al testigo, ninguno de los tratamientos con AE modificó el consumo. A su vez, no se encontraron diferencias en la GMD.

2.3.2.3. Efecto de los AE sobre respuesta inmune

El efecto de los AE sobre la respuesta inmune en bovinos es variable y multifactorial. Es decir, la misma puede estar influenciada por la dieta, el pH del rumen, la fuente de AE y la cantidad (Allen, 2021). Los resultados según literatura consultada no son concluyentes, Yang et al. (2010a), como se cita en Allen (2021), sugieren que los AE no tienen efecto sobre la respuesta inmune ni estimulan el sistema para tener una mayor respuesta si hay enfermedad o infección presente.

2.3.3. Levaduras

Dentro de los aditivos estudiados, las levaduras (*Saccharomyces spp.*) se encuentran en la categoría de probióticos los cuales se han definido por Tellez (2008), como se cita en Suárez-Machín y Guevara-Rodríguez (2017), como m.o. vivos que, incluidos en la alimentación de los animales, afectan positivamente al huésped, mejorando su sistema digestivo.

Las levaduras, por su gran adaptabilidad a las condiciones que se dan en el rumen, como anaerobiosis, alta temperatura y bajo pH, son viables para su uso en la dieta de los rumiantes. A su vez, son fuente de vitaminas, aminoácidos, proteínas y otros nutrientes (Graminha et al., 2016).

Dentro del género *Saccharomyces*, las especies más difundidas para su uso en la nutrición animal son *S. cerevisiae* y, en menor medida, *S. boulardii*. Existen miles de cepas diferentes de *S. cerevisiae*, cada una con su sustrato de preferencia, lo cual hace importante la selección de la misma para que se adapte a los requerimientos del animal (Graminha et al., 2016; Suárez-Machín & Guevara-Rodríguez, 2017).

El producto suministrado de *S. cerevisiae* puede ser bajo la forma de levadura viva, levadura inactivada o un cultivo de levaduras incluyendo el medio en el que crecieron. Los suplementos a base de células vivas desecadas contienen

por lo menos 15×10^9 células vivas de levadura por gramo, y se puede suministrar tanto sola como con una pequeña cantidad de carrier. A diferencia de las levaduras vivas, en la levadura inactivada, la cantidad de células vivas es baja, siendo básicamente una fuente de proteínas, vitaminas y ácidos orgánicos para los m.o. del tracto gastrointestinal (TGI). Por último, los cultivos de levaduras contienen la levadura (sin garantía de su viabilidad), el medio de cultivo y sus productos de fermentación. Dentro del mismo se puede encontrar β -glucanos, manano-oligosacáridos (MOS), vitaminas, proteínas, péptidos, aminoácidos, lípidos, entre otros, los cuales tienen un efecto positivo en la performance animal (Lynch & Martin, 2002; García, 2004; Calsamiglia et al., 2005; Alugongo et al., 2017; Suárez-Machín & Guevara-Rodríguez, 2017).

2.3.3.1. Modo 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). Los prebióticos se describen como “ingredientes no viables que afectan beneficiosamente al huésped por una regulación selectiva del crecimiento y de la actividad de una o varias bacterias” (Pereira et al., 2016; p. 1).

Las cepas vivas de *S. cerevisiae* han sido las más estudiadas y utilizadas en la alimentación de los rumiantes, registrándose su primer uso en 1925 (Eckles & Williams, 1925, como se cita en Graminha et al., 2016). Su modo de acción fue probado por Newbold et al. (1996), quienes concluyen que la actividad respiratoria de una levadura como *S. cerevisiae* es beneficiosa para los m.o. del rumen. Dichos autores probaron *in vitro* la actividad respiratoria de varias cepas (NCYC 240, NCYC 1026, NCYC 694, NCYC 1088) y de un producto comercial (Yea-Sacc®), comprobando así que, tanto las dos primeras cepas como el producto comercial a bajas concentraciones (1,3 mg/ml) en el fluido ruminal, redujeron la concentración de O₂ en 46-89%. Esto permite concluir que la eficacia de la actividad respiratoria es altamente dependiente de la cepa utilizada.

Aunque el rumen se trate de condiciones anaeróbicas, pueden existir pequeñas concentraciones de O₂ proveniente de los alimentos ingeridos y la saliva, o que difunde a través de la pared del rumen, lo que resulta tóxico para bacterias estrictamente anaerobias (celulolíticas) (Van Lier & Regueiro, 2008). En varios trabajos (Dawson et al., 1990; Newbold et al., 1995, 1996, 1998), incluyendo tanto experimentos *in vitro* como *in vivo* con dietas constituidas por más de un 50% de forraje, se evaluó el agregado de cepas de *S. cerevisiae* con actividad respiratoria y su impacto en las bacterias del rumen. En este sentido, se reporta un incremento en el total de bacterias del rumen, explicado principalmente por un aumento en la

concentración de las bacterias celulolíticas. Newbold et al. (1995, 1998) afirman que se da un incremento de más de un 35% de las bacterias totales y celulolíticas.

Una población bacteriana más activa conlleva a un incremento en la digestión de la fibra y a su vez un mayor suministro de proteína microbiana al intestino delgado (Newbold et al., 1995, 1998). A su vez, según Wiedmeier et al. (1987) el incremento de las bacterias celulolíticas aumentaría la digestibilidad de la materia seca (DMS) y de la fibra detergente ácido (FDA). Sin embargo, Newbold et al. (1995, 1998) reportan que la DMS no se ve afectada por el agregado de la levadura. Estas diferencias se pueden explicar porque en Wiedmeier et al. (1987) los experimentos son realizados *in vivo*, mientras que en los restantes son realizados *in vitro*.

Con respecto a cómo *S. cerevisiae* afecta el patrón de fermentación ruminal, se puede decir que la bibliografía consultada refleja un comportamiento errático. Tanto Dawson et al. (1990) como Newbold et al. (1995) *in vitro* e *in vivo*, no reportan diferencias en la producción total de AGV ni en la concentración individual de los 3 principales productos de fermentación. Por otro lado, Dawson et al. (1990) cuando comparan *in vitro* la levadura viva con levadura inactivada, encuentran que hay una mayor concentración de propionato en la levadura viva, consecuentemente una menor relación acetato:propionato. Newbold et al. (1998), trabajando *in vitro*, reportan que con el agregado de *S. cerevisiae*, la concentración de propionato disminuye en relación a la del grupo control. En un experimento donde se suplementó con *S. cerevisiae* una dieta de vacas Holstein a razón de 1 g/día, la producción de AGV de las vacas suplementadas fue menor a la de las vacas control. En cuanto a la proporción individual de cada ácido, hubo un aumento significativo en el acetato y una disminución de la proporción de propionato y butirato en comparación con el control (Dolezal et al., 2011). Estos diversos resultados, confirman que el efecto de las levaduras es sobre los m.o del rumen y no directamente en los procesos de la fermentación.

Por otro lado, el uso de levadura viva genera una reducción del ácido láctico presente en el rumen, mediante la estimulación del crecimiento de las poblaciones de bacterias consumidoras de lactato, evitando un descenso abrupto del pH ruminal. El mecanismo a través del cual se estimulan estas bacterias es conocido como exclusión competitiva, donde determinadas bacterias patógenas son eliminadas al adherirse a las levaduras (Marrero, 2005, como se cita en Suárez-Machín & Guevara-Rodríguez, 2017). Según Denev et al. (2007), la suplementación con levaduras incide en el metabolismo del ácido láctico, evitando la acumulación excesiva del mismo en el rumen cuando las dietas son muy concentradas. En dietas con alta energía, una disminución en el ácido láctico implica un mayor pH ruminal y se asocia directamente con fermentaciones ruminales más estables. Al estabilizar las fermentaciones, se espera que mejore la digestión viéndose reflejado directamente en una mejora del consumo.

El efecto que tiene la suplementación en el control del pH depende en gran medida del tipo de dieta que se esté utilizando. En general, cuando se suplementa con levaduras se observa que hay un pH ruminal más alto siendo que los tratamientos control tienden a ser inferiores a 6 (Auclair, 2001). Fiems et al. (1993) informaron que el efecto de la levadura sobre el pH ruminal ocurre de forma más pronunciada en ovejas cuando se trata de dietas concentradas con base de ensilaje de maíz o cereales en relación a una dieta con heno.

También existen otros productos con mayor intensidad de procesado, como CELMANAX, el cual consiste en una preparación de cultivo desecado de levaduras (*S. cerevisiae*), levadura hidrolizada y extracto de levaduras. La levadura viva transforma los carbohidratos presentes en glucosa, la cual usa para sus procesos biológicos liberando CO₂, alcoholes, ácidos orgánicos, péptidos, aminoácidos y carbohidratos funcionales refinados (CFR), logrando así un cultivo de levadura. A través de la hidrólisis enzimática se logra dejar disponibles ciertos componentes valiosos de la pared celular que normalmente no estarían disponibles. Los MOS y la d-manosa se unen a bacterias patógenas (*E. coli* y *Salmonella*), además esta última apoya el crecimiento de bacterias beneficiosas (*Lactobacillus*) y el β -glucano mejora el sistema inmunitario y se une a micotoxinas. El producto final de la hidrólisis son las aminas, que se pueden unir con los CFR, formando así un compuesto que permite interferir con diversos parásitos, incluyendo *Eimeria* y *Cryptosporidium* (Arm & Hammer Animal and Food Production, 2016).

2.3.3.2. Efecto de levaduras sobre consumo, ganancia de peso y EC

Según Fallon (1987), como se cita en Álvarez Nogal (1995), el efecto principal del cultivo de levaduras, tanto para la categoría de terneros como la de novillos, es el aumento de la ganancia de peso, asociado al aumento de la ingestión voluntaria y una mejora de la EC. Esta mejor eficiencia responde a una mejora en la digestibilidad del alimento. Con respecto al aumento en la ingestión, es el resultado indirecto del aumento del pH ruminal que ocurre cuando se adiciona este tipo de aditivos a las dietas. Así mismo, Wagner et al. (2016) realizaron un metaanálisis en el cual se compilaron 18 experimentos (entre 1981 y 2011) evaluando los efectos de la inclusión de los productos de fermentación de *S. cerevisiae* en la performance de novillos y vaquillonas en feedlot. Los autores reportan un incremento de 1% en el CMS y 6,5% en la GMD, y una mejora de 2,6% en la EC, en comparación a aquellos tratamientos sin el agregado del aditivo.

En cambio, en resultados recabados de un metaanálisis que comprende 12 trabajos de 1990 a 2015, se pudo concluir que en ganado de feedlot, la adición de *S. cerevisiae* viva en la dieta disminuye el CMS, pero no modifica la GMD, lo que igualmente mejora la EC del alimento. Cabe destacar que dentro de este estudio se encontró una gran heterogeneidad en los resultados obtenidos explicada por diferencias en la composición de la dieta, cepas de levaduras utilizadas y las dosis suministradas (Sartori et al., 2017).

Por otro lado, Ovinge et al. (2018), no encontraron diferencias en CMS, GMD y EC en novillos consumiendo una dieta a base de maíz *steam flake* cuando se les adicionó levadura viva (*S. cerevisiae*) en comparación a un testigo. Sin embargo, se obtienen distintos resultados en novillos consumiendo una dieta a base de maíz *steam flake* cuando se incluye el producto comercial CELMANAX, con dosis de 195; 390 y 585 mg/kg (Salinas-Chavira et al., 2018). Dichos autores registran que tanto el CMS como GMD incrementan por el agregado de levadura. Igualmente, se encuentra que, para ambas variables, la respuesta máxima se da con la dosis más baja y, con el aumento de la dosis disminuye (efecto cuadrático). En relación a la EC no se encontraron diferencias con respecto al control, lo cual evidencia que el aumento en la GMD es consecuencia del aumento en el CMS y no por la adición de la levadura. Arm & Hammer (2019) obtuvieron resultados levemente diferentes por el agregado de CELMANAX (28 g), en novillos alimentados con una dieta 10:90 forraje:concentrado. Dichos resultados indican que se incrementó en un 13,2% la GMD, se redujo en un 4,7% el CMS, con una consecuente mejora en la EC de un 18,7% por el agregado del aditivo en la dieta en relación al testigo.

2.3.3.3. Efecto de levaduras sobre acidosis

Cuando hay un aumento repentino de los carbohidratos no fibrosos en la ración, las poblaciones bacterianas amilolíticas como *Streptococcus bovis* y productoras de ácido láctico se favorecen, en perjuicio de las consumidoras de lactato (*Megasphaera elsdenii*) dejando como consecuencia principal la acumulación de ácidos en el rumen y aparición de acidosis (Nagaraja & Tigemeyer, 2007).

La adición de levaduras puede provocar que se estabilice la fermentación ruminal permitiendo prevenir trastornos digestivos, estimulando las bacterias fibrolíticas y consumidoras de láctico como *M. elsdenii* (Callaway & Martin, 1997). Según Guedes et al. (2008), *S. cerevisiae* puede minimizar el riesgo de la acidosis ya que genera una disminución de la producción de lactato en el rumen.

2.3.3.4. Efecto de levaduras sobre timpanismo

El aumento repentino de los carbohidratos no solo puede generar acidosis, sino que también puede aumentar el riesgo de desarrollar timpanismo debido a que aumenta la viscosidad del líquido ruminal (Cheng et al., 1998, como se cita en Moya et al., 2009).

En un experimento realizado con terneras Holstein con cánulas ruminales, se las sometió a dietas que induzcan el trastorno digestivo mediante el aumento de la cantidad de concentrado hasta lograr alcanzar una proporción forraje:concentrado de 10:90, y además se les adicionaba el primer día de dieta un cultivo de levaduras. Los resultados indican que la adición de levadura no tuvo efecto significativo en la

espumosa del líquido ruminal, pero si en la disminución de la resistencia de la espuma, lo que permite sugerir efectos potenciales de la levadura en la reducción del riesgo de timpanismo (Moya et al., 2009).

2.3.3.5. Efecto de las levaduras sobre parásitos internos

Se ha reportado que *S. cerevisiae* tiene la capacidad de sobrevivir a través del TGI e interactuar de forma antagónica con patógenos que se encuentran dentro de él, como pueden ser *Escherichia coli* o *Salmonella*. Así mismo, *S. boulardii* se ha utilizado históricamente para el tratamiento de gran variedad de trastornos intestinales como la diarrea (Bekatorou et al., 2006).

Delgado Mora (2014) realizó un experimento donde se utilizó un producto comercial a base de un hidrolizado de *S. cerevisiae* cultivado sobre un sustrato vegetal, en terneras Holstein con una edad de entre 1 y 4 meses. Cuando se evaluaron muestras parasitológicas, los animales que estaban siendo suplementados con la levadura presentaron menor cantidad de duración de diarrea (2 y 3 días) en relación al testigo (4 a 6 días). Con este producto, se vió que la carga parasitaria no disminuyó, ni eliminó parásitos como coccidios y nematodos, pero en el caso de presentar alguna enfermedad, los animales suplementados, presentaron una recuperación más rápida. A su vez, los animales suplementados no requerían del uso de medicamentos o antibióticos para contrarrestar la diarrea; ocurriendo lo opuesto en el grupo control. Continuando con lo evaluado por el autor, el agregado del producto le permite tener al animal una mayor estabilidad cuando se encuentra frente a condiciones de estrés (diarrea), ya que el animal no deprime su consumo de alimento provocando la pérdida de peso, permitiendo generar más opciones de defensa frente a situaciones externas.

2.4. SÍNTESIS INTERPRETATIVA

A modo de resumen, se puede concluir que existe gran evidencia sobre el modo de acción y los efectos que la monensina tiene sobre la performance animal, siendo básicamente una mejora en la EC, explicada por una disminución en el CMS. Esto difiere con los sustitutos evaluados, ya que hay una gran variabilidad de compuestos de AE y de productos de levaduras (vivas, cultivos, hidrolizada), en los cuales el modo en el que actúan puede variar, afectando así el resultado de la performance animal.

Entre los AE, el clavo de olor, extracto de canela y extracto de ají, puede afirmarse que su agregado disminuye la concentración de acetato y aumenta la de propionato en el rumen. No obstante, estos resultados no se ven reflejados en la performance productiva porque la bibliografía consultada para estas variables no es certera para dichos compuestos, siendo muy dependiente de la dosis utilizada. En cuanto al aditivo utilizado correspondiente a las levaduras, la bibliografía

consultada coincide en que el producto comercial CELMANAX incrementa la GMD, con una consecuente mejora en la EC.

Cabe destacar que, de la literatura consultada, ninguna compara los 3 aditivos en conjunto, sí hay reportes donde se contrasta cada una de las alternativas con la monensina. El antecedente más reciente a esta investigación, donde se comparan los mismos aditivos, pero en la categoría de terneros de destete precoz, es el de Leites et al. (2022). En el mismo, los autores reportan que no se encontraron diferencias en CMS, GMD ni EC.

2.5. HIPÓTESIS

La sustitución de la monensina sódica como aditivo por una fuente de aceites esenciales (extracto de clavo de olor, extracto de canela y extracto de ají) o levaduras (Celmanax) no afecta la performance, el crecimiento ni la eficiencia de uso del alimento en terneros alimentados a corral durante su primer invierno de vida.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento fue llevado a cabo en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) dentro de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República. La misma está ubicada en el departamento de Paysandú, Uruguay, sobre la ruta 3 en el km 363; 32° 22’ 41’’ latitud sur y 58° 03’ 50’’ longitud oeste, a 59 metros sobre el nivel del mar.

Tuvo una duración de 94 días, entre el 12 de agosto y 13 de noviembre de 2021. Dentro de este período se diferenciaron dos fases: una de acostumbramiento a la dieta y la fase experimental en sí.

3.2. CLIMA

Para el clima templado presente en Uruguay, en el departamento de Paysandú se registraron en promedio histórico (período 1991-2020) temperaturas de 18,6 °C, con precipitaciones medias anuales de 1.291 mm (Instituto Uruguayo de Meteorología [Inumet], s.f.). En la Tabla 1 se presentan las variables climáticas respectivas al promedio histórico y para los meses que comprenden el período experimental en la localidad de Paysandú.

Tabla 1

Medias mensuales históricas de temperatura, humedad relativa y precipitaciones, durante los meses que se realizó el experimento

Mes	Temperatura (°C)	Precipitación acumulada (mm)
Agosto	13,9	75
Setiembre	15,4	79
Octubre	18,4	121
Noviembre	21,3	105

Nota. Elaborado a partir de Inumet (s.f.)

3.3. INFRAESTRUCTURA

Se utilizaron 30 corrales individuales con piso de tierra de 2 m de ancho y 5 m de largo (ver Figura 1 en Anexos). Los mismos presentaban la mitad del área bajo techo y la otra mitad por fuera del mismo. A su vez, cada uno contaba con un comedero y bebedero individual, quedando los comederos bajo techo.

Los corrales se hallaban próximos a la manga para facilitar las tareas a realizar con el ganado. También se utilizaron balanzas manuales para la distribución individual de la ración en cada comedero.

3.4. ALIMENTOS

Se utilizaron tres raciones experimentales, totalmente mezcladas (RTM) que presentaban una relación voluminoso/concentrado 8/92, incluyendo cáscara de arroz como fuente de fibra efectiva, que diferían en el tipo de aditivo agregado: 1) monensina; 2) fuente de aceites esenciales, o 3) fuente de levaduras. Las raciones fueron elaboradas por la empresa Numix utilizando como base una ración comercial para recría con fibra. En la Tabla 2 se presentan los valores nutricionales de la ración.

Tabla 2

Composición química analítica de las raciones experimentales

	MON	AE	LEV
MS%	92,75	93,00	92,43
C%	8,74	7,93	8,77
PC%	12,46	11,44	12,49
^a FDN _{mo} %	44,69	46,14	46,09
FDA _{mo} %	27,57	28,87	28,18
Lig _{as} %	4,44	4,81	4,47
%DIVMS*	67,42	66,41	66,95

Nota. MON (monensina), AE (aceites esenciales), LEV (levaduras), 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), Lig_{as} (lignina detergente ácido), DIVMS (digestibilidad de la materia seca in vitro). *%DIVMS = 88.9-(%FDA*0.779), publicado por Di Marco (2011).

La fuente de aditivo utilizada para el tratamiento con monensina fue Monensin 20 Premix, incluido a razón de 0,5 g/a/d. Como fuente de aceites esenciales se utilizó XTRACT Ruminant, en una dosis de 0,7 g/a/d, el cual es una mezcla compuesta por 9,4% eugenol, 5,4% cinamaldehído y 3,5% de aceite de capsicum. Para el caso de levadura, se agregó una dosis de 1 g/a/d de Celmanax, la cual se trata de un producto a base de cultivo de levadura, extracto de levadura y levadura hidrolizada. Cabe aclarar que para los últimos dos, las dosis utilizadas representan las recomendadas por el proveedor.

3.5. ANIMALES Y TRATAMIENTOS

Se trabajó con 30 terneras Hereford (204,3 ± 24,3 kg de peso vivo vacío promedio al inicio del acostumbramiento), perteneciente al rodeo experimental de la EEMAC nacidas en la primavera 2020. Los animales fueron asignados al azar una previa estratificación por peso a una de las 3 raciones experimentales, resultando en los siguientes 3 tratamientos:

- Testigo (MON): Alimentación ad libitum de la dieta RTM + 0.5 gramos de una fuente de monensina sódica al 20%.
- Aceite esencial (AE): Alimentación ad libitum de la dieta RTM + 0.7 gramos de una fuente de aceites esenciales.
- Levaduras (LEV): Alimentación ad libitum de la dieta RTM + 1 gramo de una fuente de levaduras.

Las terneras fueron alimentadas en corrales individuales por lo que la unidad experimental está representada por el animal y los tratamientos quedaron constituidos por 10 repeticiones.

3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.6.1. Período de acostumbramiento

El período de acostumbramiento comenzó el 12 de agosto y finalizó el 9 de setiembre, durante el cual los animales que provenían de una pastura de raigrás, fueron gradualmente introducidos a las RTM experimentales. Durante este período se les ofreció ensilaje de sorgo a razón del 1,5% del PV (base seca) y la RTM que fue aumentando gradualmente de a 0,200 kg/animal/día los primeros 10 días, para luego aumentar de a 0,350 kg/animal/día. Cabe destacar que a partir de este día se separaron individualmente los animales y se les comenzó a dar el alimento distribuido en dos comidas por día de igual cantidad.

Cuando se comenzó a observar rechazo en la mayoría de los comederos, se empezó a disminuir la cantidad ofrecida del ensilaje hasta que la alimentación llegó a ser 100% ración. Marcando este momento el fin del período de acostumbramiento y dando inicio al período experimental propiamente dicho.

3.6.2. Período experimental de aplicación de los tratamientos

Comenzó el 10 de setiembre, día en el cual se pesó a los animales y se consideró éste como el peso inicial a efectos estadísticos ($230,2 \pm 26,9$ kg de peso promedio), y finalizó el 13 de noviembre.

La dieta fue suministrada *ad libitum*. Para ello se realizó lectura de comedero diariamente, si el rechazo era menor a 10% la oferta se aumentaba en un 5%, y si era mayor se mantenía la misma cantidad que el día anterior. El suministro se mantuvo en dos comidas diarias de igual cantidad ofrecidas a las 8:00 y 16:00 h.

Todos los días se aseguraba que los animales tuvieran agua limpia a libre disposición. A su vez, diariamente se los observaba para corroborar que no presentara ningún comportamiento atípico.

3.7. MANEJO SANITARIO

El 12 de agosto, día de inicio del período de acostumbramiento, se dosificó a los animales con Tetramit F (principio activo: Fosfato de Levamisol al 20,92 %), antihelmíntico de amplio espectro, y con Neumosan (vacuna para la prevención de neumonías y diarreas).

3.8. DETERMINACIONES

3.8.1. Peso vivo y altura al anca

Los animales fueron pesados cada 14 días, sin ayuno previo, temprano en la mañana antes del primer suministro de comida, en la misma balanza electrónica con precisión de $\pm 0,5$ kg y sin orden de ingreso predeterminado, mezclando todos los tratamientos.

Además, se tomaron registros de altura del anca en cada ternera en dos instancias, a inicio y fin del experimento. Para ello se utilizó una varilla milimetrada con un brazo nivelador. Con dichas mediciones se puede determinar el crecimiento de los animales individualmente, durante el período experimental.

3.8.2. Consumo de materia seca

El consumo de materia seca fue estimado diariamente como la diferencia entre la materia seca ofrecida y la residual. Cada mañana, antes de suministrar la primera comida se procedió a pesar el rechazo correspondiente a cada comedero, el cual no era retornado al mismo.

Semanalmente se tomaron muestras de alimento ofrecido y residual, las que fueron secadas por 48 horas en estufa de aire forzado a 60°C, para la determinación del contenido de materia seca. Las muestras secas fueron molidas mediante el molino y combinadas en una muestra compuesta por tratamiento, y conservadas para posterior análisis químico.

3.8.3. Patrón de consumo

Durante los días 2 y 3 de la semana 6 (16 y 17 de octubre) se procedió a cuantificar el patrón de consumo, mediante el pesaje del alimento que se encontraba en el comedero a intervalos de dos horas durante el período de horas de luz (7 a 19 h).

3.8.4. Digestibilidad *in vivo*

Los siguientes días de la semana 6 y el primer día de la semana 7 (18 al 22 de octubre) del período experimental fue estimada la digestibilidad en vivo de la dieta, utilizando como marcador interno la concentración de las cenizas insolubles

en ácido en heces y alimento. Para ello se tomaron muestras de heces durante 5 días consecutivos de 15 animales (5 de cada tratamiento), en la mañana, previo a la alimentación. Dichas muestras fueron extraídas directamente del recto del animal para luego ser congeladas y conservadas para su posterior procesamiento.

Las muestras de alimento rechazado fueron tomadas los mismos 5 días que las de heces y las de alimento ofrecido se tomaron el día previo a cada colecta de heces.

Las muestras de heces y alimento fueron secadas en estufa de aire forzado a 60°C hasta peso constante, luego fueron combinadas en una muestra compuesta por animal, cada día contribuyendo con igual cantidad la muestra, y conservadas para subsiguientes análisis químicos.

3.8.5. Aporte de fibra efectiva de la dieta

Durante los mismos días se caracterizó el aporte de fibra efectiva del alimento ofrecido tomando muestras triplicadas de las RTM de cada tratamiento, mediante el uso del separador de partículas Penn State.

3.8.6. Comportamiento animal

El comportamiento animal fue monitoreado para las 30 terneras en los días 3 y 4 de la semana 7 (24 y 25 de octubre) registrándose por apreciación visual entre las 7:30 y 19:30 las actividades de consumo (visitas al comedero), rumia, descanso y acceso a agua. Los registros fueron realizados en intervalos de 10 minutos.

3.8.7. pH ruminal

Al inicio, mitad y fin del período experimental se tomaron muestras de pH ruminal de los animales. Las muestras fueron tomadas a las 7.30 h, mediante sonda introducida por la boca del animal hasta llegar al rumen. Una vez que se tenía el líquido ruminal, se filtraba con una malla y se medía el pH con un pH-metro.

3.9. ANÁLISIS QUÍMICO

A las muestras compuestas de alimento ofrecido y rechazado se les determinó el contenido de cenizas, cenizas insolubles en ácido, proteína cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida, en el laboratorio de análisis químico de la Facultad de Agronomía (UdelaR).

Sobre muestras compuestas de heces por animal se determinó la concentración de cenizas, cenizas insolubles y fibra detergente neutro.

3.10.VARIABLES CALCULADAS

3.10.1. Ganancia media diaria

La variable fue calculada para cada animal en base a la regresión del peso vivo sobre los días experimentales.

3.10.2. Eficiencia de conversión

Fue estimada para cada animal como el cociente entre el consumo promedio diario de materia seca y la ganancia media diaria durante el período experimental, determinada a partir de la pendiente de la regresión lineal del peso vivo en los días experimentales.

3.10.3. Factor de efectividad y % de FDN efectiva

El factor de efectividad corresponde a la suma de los pesos del alimento que queda retenido en la criba 1 (>19 mm), criba 2 (19-8 mm) y criba 3 (8-1,18 mm) del separador de partículas de forraje Penn State sobre el total del alimento. Mientras que el porcentaje de FDN efectiva se obtuvo multiplicando el % FDN (del alimento o de la dieta) por el factor de efectividad (del alimento o de la dieta).

3.10.4. Consumo de nutrientes

El consumo de materia seca digestible y materia orgánica digestible se obtuvo a través de la multiplicación del consumo de materia seca y la digestibilidad de la MS o MO respectivamente.

El consumo de FDN se calculó como el producto entre el consumo de materia seca y el % FDN de la RTM consumida.

3.11.ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado según un diseño de parcelas al azar considerando al animal como unidad experimental, de acuerdo al siguiente modelo general, además se utilizó el paquete SAS variando el procedimiento según el tipo de variable analizada.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}_{..}) + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} : peso vivo, ganancia diaria, comportamiento, consumo, etc.

μ : media general

τ_i : tratamiento ($i = 1, 2, 3$)

$\beta_1 X_1$: coeficiente de regresión (β_1) asociado al covariable peso vivo al inicio (X_1)

ϵ_{ij} : error experimental

Mediante el procedimiento MIXED, la ganancia diaria de peso se estudió mediante un modelo lineal mixto de heterogeneidad de pendientes de peso vivo en función del tiempo según

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}_{..}) + \varepsilon_{ij} + M_k + (\tau M)_{ik} + \delta_{ijk}$$

Y_{ijk} : ganancia de peso (kg/día)

μ : media poblacional (ganancia promedio)

τ_i : efecto relativo del i-ésimo tratamiento ($t = 3$)

β : coeficiente de regresión para PV inicial

X_{ij} : valor de covariable (PV inicial) en i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición

$\bar{X}_{..}$: media de la covariable (PV inicial)

ε_{ij} : error experimental del i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición

M_k : efecto relativo del k-ésimo momento de medición

$(\tau M)_{ik}$: efecto relativo de la interacción entre los efectos del i-ésimo tratamiento y k-ésimo momento de medición

δ_{ijk} : error experimental del i-ésimo tratamiento, j-ésima repetición y k-ésimo momento de medición

Para otras variables con medidas repetidas en el tiempo como consumo, y pH se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} + M_k + (\tau M)_{ik} + \delta_{ijk}$$

Y_{ijk} : consumo de materia seca, rechazo y pH

μ : media general

τ_i : efecto del i-ésimo tratamiento

M_k : efecto de la k-ésima semana de medición ($k = 1, \dots$)

ε_{ij} : error experimental

δ_{ijk} : error de la medida repetida en el tiempo

Las variables asociadas al comportamiento ingestivo fueron analizadas mediante el procedimiento GLIMMIX del mismo paquete de acuerdo al modelo:

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = \mu + \tau_i + D_j + (\tau D)_{ij}$$

Donde,

P: probabilidad de ocurrencia de la actividad

μ : media poblacional

τ_i : efecto relativo del i-ésimo tratamiento ($t = 3$)

D_j : efecto relativo del día en que se realizó la medición

$(\tau D)_{ij}$: efecto relativo de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo día de medición

Para las variables de EC del alimento, digestibilidad, altura final, fueron analizadas mediante el procedimiento GLM según el modelo lineal general

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

Las medias se compararon mediante test de Tukey. Cuando p-valor fue menor o igual a 0,05 se consideraron diferencias significativas, mientras que cuando el p-valor fue mayor a 0,05 y menor o igual a 0,1 se consideró tendencia.

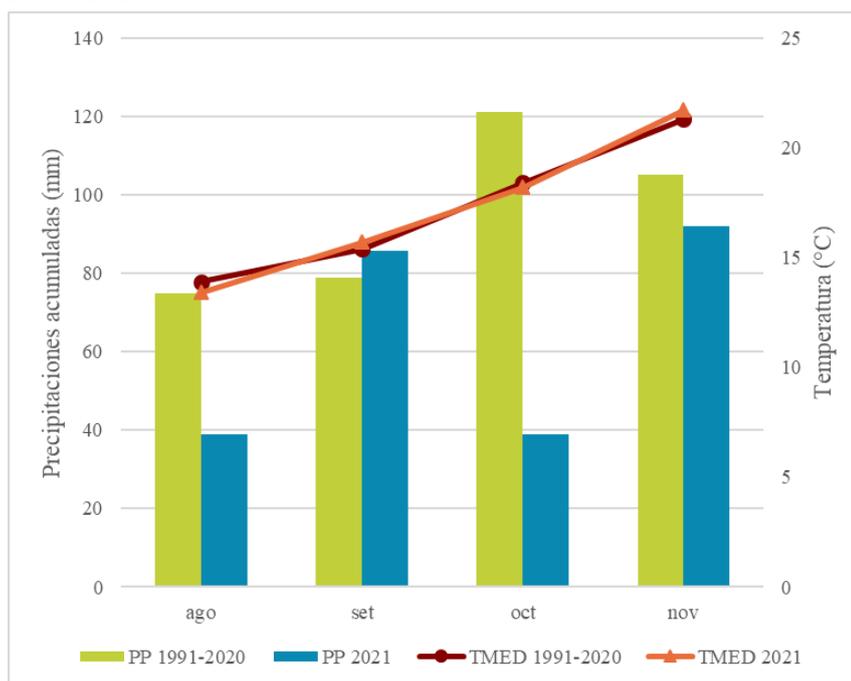
4. RESULTADOS

4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS

En la Figura 1 se presentan los valores promedio de temperatura del aire, junto con las precipitaciones para los meses bajo estudio.

Figura 1

Temperatura media mensual y precipitación acumulada promedio mensual, para agosto, setiembre, octubre y noviembre, el año experimental y la serie histórica 1991-2020



Nota. Elaborado a partir de Inumet (s.f.) y Estación Meteorológica EEMAC (comunicación personal, 2021)

La temperatura promedio registrada durante los meses de agosto y octubre estuvo por debajo del rango de la serie histórica (1991-2020) encontrando diferencias de 0,5 y 0,2°C, respectivamente. En los meses de setiembre y noviembre, la diferencia fue de 0,3 y 0,4 por encima de la temperatura promedio.

Como se puede ver en la Figura 1, y tomando como referencia el registro histórico de precipitaciones, en los meses de agosto, octubre y noviembre las mismas fueron inferiores a la media histórica. En el mes de setiembre en cambio, la situación fue inversa, es decir, las lluvias superaron la media mensual.

4.2. RACIONES EXPERIMENTALES

La composición química de las RTMs ofrecidas en base seca fue presentada en la Tabla 2.

No hubo diferencias significativas (p -valor = 0,47) entre los tratamientos para el factor de efectividad de la fibra (fef), obteniéndose un valor medio de 40%. Sí se detectaron diferencias significativas (p -valor = 0,02) para la FDN físicamente efectiva (FDNfe), siendo MON el de menor valor (17%), y las fuentes alternativas las de mayor valor (18%).

4.3. CRECIMIENTO ANIMAL

La Tabla 3 resume los resultados sobre el efecto de la sustitución de MON por AE o LEV sobre el PV final, GMD y altura final, reportándose las medias ajustadas por tratamiento. Se puede observar que ninguna de estas variables fue afectada significativamente por el tratamiento.

Tabla 3

Efecto de la sustitución de monensina por aceites esenciales o levaduras en raciones concentradas sobre las variables de crecimiento en terneras alimentadas a corral

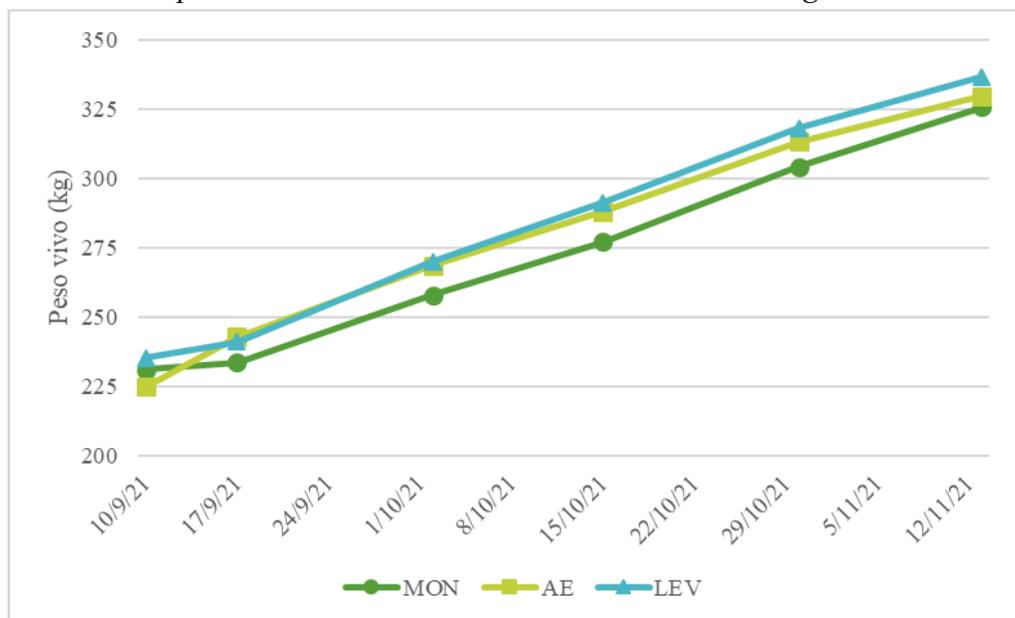
Variable	MON	AE	LEV	EE	P-valor
PV inicial (kg)	230,80	224,60	235,10	8,68	-
PV final (kg)	325,62	329,51	336,48	4,49	0,24
GMD (kg/a/día)	1,53	1,55	1,68	0,06	0,21
Altura final (cm)	121,45	120,15	121,29	0,83	0,49

Nota. PV (peso vivo), GMD (ganancia media diaria), MON (monensina), AE (aceites esenciales), LEV (levaduras), EE (error estándar)

En la Figura 2 se puede observar un incremento lineal en la evolución del peso vivo conforme avanzó el período experimental. Si se analiza en detalle cada medición de PV, se puede detectar que en la medición del 17/9 hubo una leve tendencia (p -valor = 0,10) a que AE presente un mayor peso que MON. En la siguiente medición (2/10) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, ya que tanto AE como LEV fueron mayores a MON (p -valor = 0,04 y 0,02 respectivamente). En la última medición que se encontraron diferencias fue en la del 15/10, donde LEV presentó una significancia de 0,04 frente a MON. En las últimas dos mediciones del período experimental no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, resultando así en un efecto no significativo del tratamiento.

Figura 2

Efecto de la sustitución de monensina por levaduras o aceites esenciales sobre la evolución de peso vivo de terneras alimentadas a corral en régimen de ADT



Nota. MON (monensina), AE (aceites esenciales), LEV (levaduras)

4.4. CONSUMO Y EC

Los rechazos no difirieron entre los tratamientos (p -valor = 0,13). En todo el período experimental los valores de rechazo fueron mayores a 10%, lo cual permite afirmar que las terneras se encontraban bajo el régimen de consumo *ad libitum* como se planteó originalmente. Los AE presentaron los valores de rechazo mayores (19,57 % ofrecido), seguido por LEV (18,69 % ofrecido) y en menor medida MON (16,39 % ofrecido).

Como se puede observar en la Tabla 4, no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos para el consumo de materia seca, ya sea expresado en kg/a/día o cómo % del PV. Para el efecto semana, como era de esperar, sí se evidenciaron diferencias significativas, siendo este efecto independiente del tratamiento ($T \times S$, $P > 0.05$) (Figura 3). Para los restantes efectos, día dentro de la semana y su interacción con el tratamiento, tampoco se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos.

La EC tampoco presentó diferencias significativas entre los tratamientos. Al corregirse la EC por la covariable PV inicial, se obtuvo un menor p -valor, lo cual indica que se elimina dicha fuente de variación, aunque sigue sin haber diferencias significativas entre los tratamientos (p -valor = 0,31).

Tabla 4

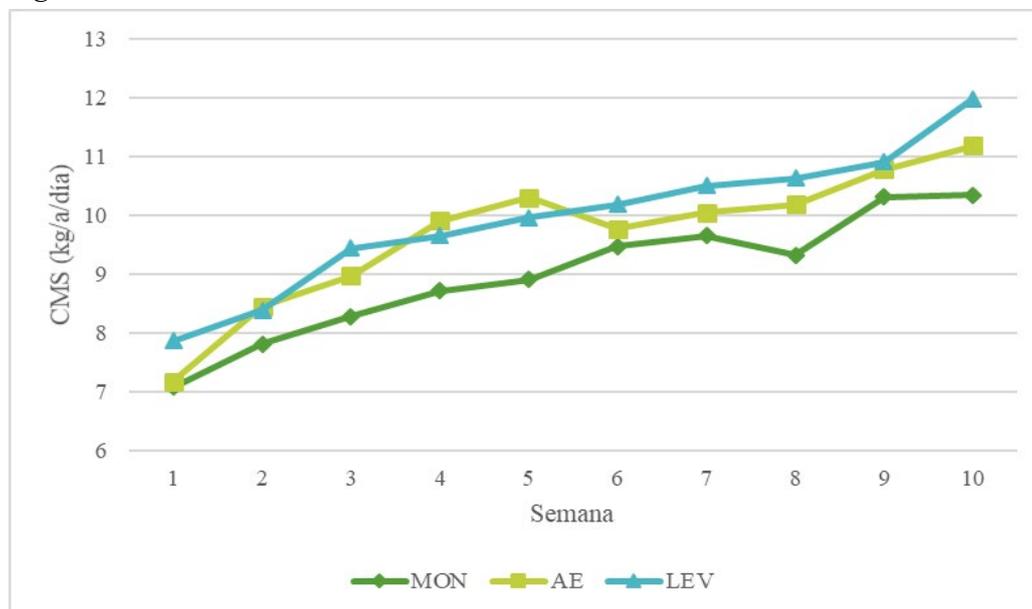
Efecto del tratamiento, la semana y día de medición sobre el consumo promedio de materia seca (CMS) y eficiencia de conversión (EC) en terneras alimentadas a corral

Variable	MON	AE	LEV	EE	P-valor				
					T	S	T×S	DDS	T×DDS
CMS (kg/a/día)	8,99	9,68	9,95	0,41	0,25	<,0001	0,09	0,16	0,27
CMS (% PV)	3,23	3,43	3,39	0,10	0,35	<,0001	0,11	0,14	0,16
EC (kg MS/kg PV)	5,74	6,24	5,89	0,33	0,55	-	-	-	-

Nota. CMS (consumo de materia seca), PV (peso vivo), EC (eficiencia de conversión), MON (monensina), AE (aceites esenciales), LEV (levaduras), EE (error estándar), T (efecto tratamiento), S (efecto semana), T×S (efecto tratamiento por semana), DDS (día dentro de la semana), T×DDS (efecto tratamiento por día dentro de la semana)

Figura 3

Efecto de la sustitución de monensina por levaduras o aceites esenciales sobre la evolución semanal del consumo de materia seca (kg/a/día) en terneras bajo régimen ADT con dietas altamente concentradas



Nota. MON (monensina), AE (aceites esenciales), LEV (levaduras), CMS (consumo de materia seca)

4.5. DIGESTIBILIDAD APARENTE Y PH

Tanto la digestibilidad de la materia seca (DMS), de la materia orgánica (DMO) y de la fibra detergente neutro (DFDN), como los consumos de materia seca

digestible (CMSd), materia orgánica digestible (CMOd) y fibra detergente neutro digestible (CFDNd) no fueron afectados por el tratamiento. En la Tabla 5 se presentan los valores de medias ajustadas para dichas variables.

Tabla 5

Efecto de la sustitución de monensina por levaduras y aceites esenciales sobre la digestibilidad (%) y consumo (kg/día) de la materia seca, materia orgánica y fibra detergente neutro

Variable	MON	AE	LEV	EE	P-valor
DMS	65	64	66	2,08	0,81
DMO	68	66	68	2,17	0,69
DFDN	56	52	50	3,18	0,44
CMSd	5,70	6,20	6,52	0,31	0,18
CMOd	5,44	5,87	6,17	0,29	0,23
CFDNd	1,17	2,34	2,26	0,11	0,59

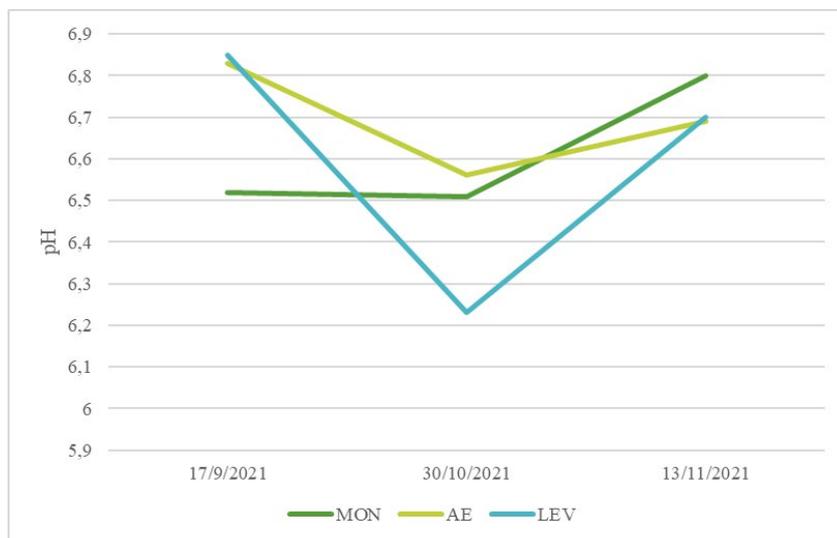
Nota. DMS (digestibilidad de la materia seca), DMO (digestibilidad de la materia orgánica), DFDN (digestibilidad de la fibra detergente neutro), CMSd (consumo de materia seca digestible), CMOd (consumo de materia orgánica digestible), CFDNd (consumo de fibra detergente neutro digestible), MON (monensina), AE (aceites esenciales), LEV (levaduras), EE (error estándar)

En referencia al pH ruminal, es de relevancia aclarar que por problemas operativos no se pudieron recabar la totalidad de las muestras, resultando en 73 muestras analizadas de un total de 90.

No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos (p-valor = 0,53). Sin embargo, si se presentó un efecto asociado al día (p-valor = 0,003), observándose en la segunda medición valores más bajos en relación a las restantes mediciones, siendo la respuesta independiente del tratamiento (p-valor = 0,16) (Figura 4).

Figura 4

Evolución del pH para cada uno de los tratamientos, medido en las fechas 17/9, 30/10 y 13/11 del 2021 en terneras alimentadas a corral con una dieta alta en concentrados



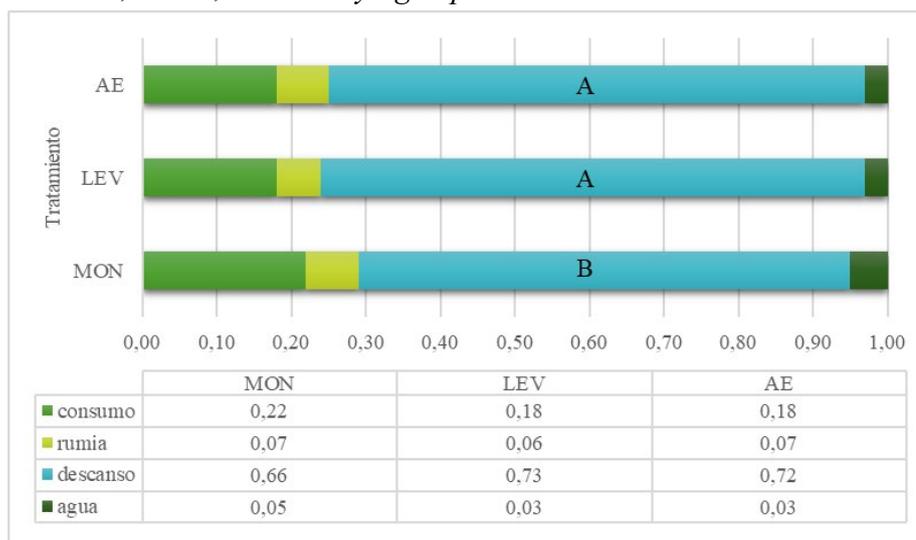
Nota. MON (monensina), AE (aceites esenciales), LEV (levaduras)

4.6. COMPORTAMIENTO ANIMAL Y PATRÓN DE CONSUMO

En la Figura 5 se presenta la probabilidad de ocurrencia de cada una de las actividades de comportamiento observadas.

Figura 5

Efecto de la sustitución de monensina por levadura o aceites esenciales en la dieta de terneras sobre la probabilidad de ocurrencia de las actividades de consumo, rumia, descanso y agua para los tratamientos en estudio



Nota. MON (monensina), AE (aceites esenciales), LEV (levaduras). Medias seguidas de diferente letra difieren estadísticamente $P < 0,05$

En la actividad de consumo no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (p-valor = 0,11), lo que nos indica que ninguno de los tres tratamientos evidenció mayor o menor actividad de consumo a lo largo de los días estudiados.

Las probabilidades de encontrar a los animales en actividad de rumia son muy bajas, no observándose diferencias significativas para la actividad de rumia entre tratamientos (p-valor = 0,9), ni día dentro de la semana (p-valor = 0,10), aunque sí hay una leve tendencia en este último. Sí se detectó efecto significativo de la interacción entre el tratamiento y el día dentro de la semana (p-valor = 0,04), habiendo mayores probabilidades de encontrar a AE y MON rumiando el día 3 que el día 4, y al revés para LEV.

De las actividades medidas, la actividad de descanso fue la de los mayores valores de probabilidad. Para dicha actividad, se reportaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (p-valor = 0,008), habiendo una mayor probabilidad de actividad de descanso en AE y LEV con respecto al testigo. No se encontraron diferencias significativas para el día dentro de la semana (p-valor = 0,07) y para la interacción con el tratamiento (p-valor = 0,45), aunque en el primero se puede observar una tendencia a una mayor probabilidad de ocurrencia en el segundo día de estudio.

No se pudieron estimar los valores correspondientes a la actividad de consumo de agua por falta de datos, ya que el aporte de estos fue muy pequeño. Los resultados que se presentan en la Figura 5 no tienen significancia y se obtienen como diferencia de las demás actividades (agua=1-otras actividades).

El consumo de materia seca diurno no fue afectado por el tratamiento (p-valor = 0,75), registrándose que el 75% del consumo diario fue realizado entre las 7 h y las 19 h. Por el contrario, sí se encontraron diferencias significativas debidas al efecto día y a la interacción tratamiento \times día (p-valor < .0001 para ambos); mientras que el tratamiento LEV no presentó diferencias en el CMS diurno debido al día, los tratamientos AE y MON registraron en el día 2 un consumo diurno mayor que en el día 3 (Figura 2 de Anexos).

El patrón de consumo diurno, medido en intervalos de 2 horas, no fue afectado estadísticamente por el tratamiento (p-valor = 1,0). Es decir, independientemente del tratamiento, en cada uno de los intervalos se consumió un 17% del consumo diurno total. Como se puede observar en la Tabla 6, sí se encontró un efecto significativo de la hora de medición (p-valor < .0001), concentrándose el consumo en el horario de la tarde (17 - 19 h).

Tabla 6

Distribución del consumo de materia seca diurno en las distintas franjas horarias evaluadas en terneras alimentadas a corral

Hora	%CMSd	EE	Grupo de letra*
7 – 9	17	0,91	B
9 – 11	16	0,90	B
11 – 13	15	0,90	B
13 – 15	10	0,91	C
15 – 17	10	0,91	C
17 - 19	32	0,91	A

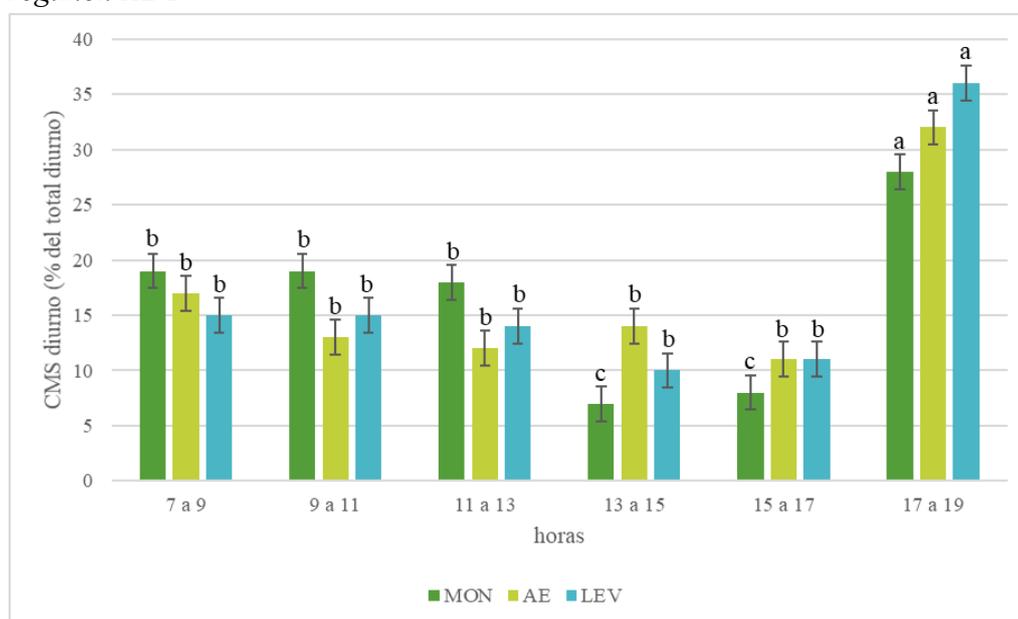
Nota. CMSd (consumo de materia seca diurno), EE (error estándar)

*Análisis estadístico con método Tukey-Kramer ($P < 0,10$) efecto hora

En la Figura 6 se puede observar el efecto de la hora de medición (p-valor $< ,0001$) y de la interacción tratamiento \times hora (p-valor $< ,0001$). Para el tratamiento MON se detectaron mayores diferencias entre los intervalos, mientras que para LEV y AE, se detectó menor variación.

Figura 6

Efecto de la sustitución de monensina por levaduras o aceites esenciales en el patrón de consumo diurno medido en intervalos de 2 horas en terneras bajo régimen ADT



Nota. CMS (consumo de materia seca), MON (monensina), AE (aceites esenciales), LEV (levaduras). Medias seguidas de diferente letra dentro de un mismo tratamiento, difieren estadísticamente $P < 0,05$

Cuando en la interacción se analiza cada intervalo, se puede observar que para el único que se detectan diferencias significativas es para el de las 17 a 19 h;

entre LEV (36%) y MON (28%) hay diferencias ($P < 0.05$), pero AE (32%) no difiere de ellos ($P > 0.05$).

4.7. METEORISMO

El meteorismo no fue evaluado estadísticamente, pero sí fue estimado a través de la apreciación visual de la inflamación típica que ocurre en el lado izquierdo abdominal. Se comenzaron a evidenciar dichos síntomas en terneras, tanto del tratamiento con aceites esenciales como del tratamiento con levaduras, a partir de la semana 4 del período experimental y hasta el fin del mismo (Tabla 7).

Tabla 7

Incidencia de meteorismo según tratamiento, ternera (n° caravana) y fecha de ocurrencia

Fecha	LEV	AE
5/10		1103 1102
7/10	1088 1156	
8/10	1156	
9/10	1088 1156	
10/10	1156	
12/10	1156	
29/10	1156	
31/10	1156	
2/11	1156	1103
6/11		1102
7/11		1102 1103
8/11		1102 1104
9/11		1102

Nota. LEV (levadura), AE (aceites esenciales)

5. DISCUSIÓN

5.1. CONDICIONES AMBIENTALES

El clima impacta en el ganado de forma directa e indirecta. Los animales enfrentan las condiciones adversas que presenta el clima mediante la transformación de mecanismos fisiológicos y de comportamiento. Como consecuencia de esto, pueden evidenciarse alteraciones en el consumo de alimento, comportamiento y productividad (Arias et al., 2008).

Cuando se trabaja con animales en condiciones de corral, se debe tener muy en cuenta el nivel de precipitaciones ya que está asociado directamente con el nivel de barro y puede afectar directamente al animal. Sweeten et al. (s.f.), expresan que, cuando el nivel de barro en el corral supera el nivel de la pezuña el consumo disminuye entre un 8 y 15%, bajan las ganancias diarias en un 14% y aumenta la eficiencia de conversión en un 13%. Con respecto a esto, las precipitaciones ocurridas en el período experimental no significaron un problema ya que en el único mes que se presentó la formación de barro fue en setiembre, donde las condiciones de demanda atmosférica en conjunto con el correcto diseño del corral, permitieron que el suelo seque rápido.

Según Mader et al. (2007), como se cita en Romo Valdez et al. (2022), el desempeño de los bovinos mejora notablemente cuando se encuentra en una zona termoneutral de 20°C, aunque puede presentar variación desde los 10 a los 26 °C. En bovinos jóvenes la zona de confort oscila entre los 7 a los 26°C. En relación a esto y teniendo en cuenta la temperatura que se registró en el transcurso del experimento, se puede afirmar que los animales siempre se encontraron en una zona termo neutra y que por lo tanto no estuvieron expuestos a estrés térmico.

5.2. TIPO DE DIETA

En lo que refiere a la composición química de la dieta, se puede afirmar que las mismas fueron similares entre los tratamientos, debido a que la única diferencia entre las mismas radicó en el aditivo, el cual es incorporado en pequeñas cantidades.

Si bien sí se encontraron diferencias significativas en los niveles de FDN_{fe} entre los tratamientos, las mismas pueden ser explicadas por error experimental en el muestreo y procesamiento de la muestra. Ya que en MON se obtiene un valor de FDN_{fe} de 17%, y en AE y LEV de 18%, se puede afirmar que en todos los casos se superaron los valores mínimos recomendados por varios autores, que varían en función del objetivo de producción. En este sentido, Fox y Tedeschi (2002) recomiendan valores de FDN_{fe} de 7 - 10% en raciones altamente concentradas para mantener un pH ruminal mayor a 5,7. Defoor et al. (2002) sugieren valores mínimos de 12%, necesarios para cumplir con la función mecánica que permita generar suficiente masticación, salivación y rumia en dietas altamente concentradas. Y

Mertens (2002) plantea un óptimo de 15% dentro del rango de 12 - 18% para favorecer la EC.

En la RTM utilizada en el presente trabajo, la fuente de fibra encargada de cumplir con el rol mecánico fue la cáscara de arroz, la cual presenta un muy alto contenido de fibra de baja digestibilidad (Beretta et al., 2010). Sin embargo, el nivel de inclusión de la misma es bajo, de forma que el nivel de FDA es cercano a 27% y la digestibilidad *in vitro* estimada en un 67%. Además, el valor de la digestibilidad de la materia seca *in vivo* también es relativamente bajo, y similar a la predicha *in vitro* (65% promedio para todos los tratamientos), explicado principalmente por los altos niveles de CMS.

En el presente trabajo, el tipo de aditivo no afectó a la DMS (%) ni la DMO (%) *in vivo*. Meyer et al. (2009) tampoco hallaron diferencias significativas entre los tratamientos con monensina y aceites esenciales, para la digestibilidad *in vivo* de la materia seca ni para la de la materia orgánica. Sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos por Fereli et al. (2010) quienes reportan valores mayores en el tratamiento con levaduras frente al de monensina. Sí coinciden los resultados de DFDN (%) ya que no encontraron diferencias significativas. Estos autores, además encontraron diferencias en cómo se particiona la digestión de la FDN a nivel ruminal e intestinal, siendo que en el tratamiento con monensina se distribuye en partes iguales la digestión de la FDN, mientras que el tratamiento con levaduras tiene una mayor digestión a nivel ruminal que intestinal. Esta mayor digestión a nivel ruminal, por el agregado de las levaduras, se generaría por un aumento del número de bacterias celulolíticas y por una estimulación de la producción de los productos finales de la fermentación (Martin & Nisbet, 1992).

La alta proporción de concentrado presente de la dieta, que a su vez es altamente fermentable, provoca que se incremente la predisposición a bajos niveles de pH ruminal, que pueden causar cuadros de acidosis (Couderc, 2007). Para prevenir dicho desorden, además de contar con una dieta cuyo componente de fibra cumpla un rol mecánico, se administró un manejo de comederos para que las terneras tengan el alimento distribuido en dos comidas diarias y siempre en el mismo horario, con el fin de mantener un patrón de consumo constante. Esto habría contribuido a que los valores de pH ruminal obtenidos se hayan encontrado en todas las mediciones por encima de 6,23 y no se hayan presentado cuadros de acidosis.

5.3. PERFORMANCE ANIMAL

5.3.1. Efecto de la sustitución de monensina por AE o LEV sobre el crecimiento

No se observó un efecto de la sustitución de monensina por dos fuentes alternativas como la mezcla de extracto de clavo de olor, de canela y de ají; o la

levadura hidrolizada sobre el crecimiento, ratificando la hipótesis planteada en el presente trabajo.

La evolución del peso vivo que se dió a lo largo de las semanas de estudio fue la esperada ya que a medida que se fue incrementando el consumo diario, el peso vivo animal también lo hizo.

La bibliografía consultada sobre sistemas de ADT, en que los terneros son alimentados con una dieta altamente concentrada, así como la del presente trabajo, reporta ganancias de entre 0,70 y 0,96 kg/animal/día (Simeone et al., 2008) y 1,15 kg/animal/día (Beretta et al., 2010). Dado que las terneras alcanzaron una ganancia promedio de $1,60 \pm 0,23$ kg/animal/día, se puede hipotetizar que estas mayores ganancias fueron explicadas por un mayor PV inicial de las mismas ($230 \pm 26,8$ kg) en relación a las bibliografías citadas (159 y 158 kg respectivamente).

En la variable de estudio GMD para todo el período experimental no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, resultando en valores de 1,53; 1,55; y 1,68 kg/a/d para MON, AE y LEV respectivamente. Dichos resultados fueron consistentes con los obtenidos por Geraci et al. (2012), quienes tampoco encontraron diferencias significativas cuando sustituyeron MON por AE en una dieta altamente concentrada. Los mismos compararon un tratamiento con 46,7 mg/kg de monensina contra otro tratamiento compuesto por extracto de ají y una mezcla de cinamaldehído y eugenol (133 y 266 mg/a/d respectivamente).

Experimentos evaluando LEV contra MON publicados por diversas fuentes bibliográficas presentan cierta variación. Arm & Hammer (2019, 2020a, 2020b) reportan varios experimentos, por un lado, el agregado de CELMANAX a una dieta tanto de vaquillonas con un 65% de concentrado como de novillos con un 90% de concentrado, generó un incremento en la GMD respecto a un testigo con Rumensin. Por otro lado, el agregado de CELMANAX en una dieta de novillos con 80% de concentrado no presentó diferencias significativas frente a un tratamiento control con Rumensin. Cabe destacar que en todos estos trabajos los tratamientos que contenían CELMANAX, también contenían Rumensin. También, Zaragoza et al. (2001) realizaron un experimento en vaquillonas Holando con una dieta altamente concentrada, donde se le suministró en un tratamiento una dosis de 10 g/animal/día un cultivo de *S. cerevisiae* y en el otro 0,03 g de Rumensin. Los resultados obtenidos coinciden con el mencionado anteriormente, ya que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

5.3.2. Efecto de la sustitución de monensina por AE o LEV sobre el consumo, comportamiento y desórdenes metabólicos

No se observó un efecto de la sustitución de MON por AE o LEV sobre el consumo, confirmando así lo planteado en la hipótesis.

Según Lascano et al. (1990) el régimen *ad libitum* se logra suministrando de 10 a 15% más de alimento sobre el consumo asignado. Esto nos permite afirmar que los animales fueron efectivamente alimentados *ad libitum* ya que el rechazo promedio fue de 18%. Al encontrarse bajo este régimen, a lo largo de las semanas las terneras fueron aumentando gradualmente el consumo, explicado por el crecimiento de estas (S, $P < .0001$).

El consumo promedio (kg MS/d) logrado en el experimento supera los valores reportados en bibliografía. En este sentido, mientras que Simeone et al. (2011) y Beretta et al. (2010) muestran valores de consumo en torno a 6,77 y 5,56 kg MS/d respectivamente, para terneros Hereford bajo el sistema ADT con una dieta sin el agregado de fibra larga, en el presente trabajo se obtuvo un valor promedio de 9,46 kg MS/d. Esta diferencia podría ser explicada por un menor peso vivo inicial y final de los animales reportados en la bibliografía.

Cuando se analiza la evolución del consumo (kg MS/a/día) en función de las semanas de estudio ($T \times S$, $P < 0.10$), se destaca un incremento más abrupto para el tratamiento con AE, siendo que en la semana 4 ya se encontraban en el consumo máximo (estadísticamente) de todo el período experimental. En cuanto a los otros tratamientos, se puede decir que el aumento del consumo fue más gradual en el tiempo. Esto puede estar explicado por la palatabilidad que tienen los AE, asociado a los compuestos volátiles y olorosos que permiten acostumar al rumiante a estas dietas de forma más anticipada (Ornaghi et al., 2017).

No se observó un efecto de la sustitución de MON por AE o LEV en el CMS. Cuando se compara la sustitución de MON por AE, lo observado fue consistente con Geraci et al., (2012) los cuales plantearon que tampoco hubo diferencias significativas en el CMS. Arm & Hammer (2020b) tampoco hallaron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable en estudio, cuando se adicionaron 1; 2 o 3 g/animal/día de CELMANAX frente al tratamiento con Rumensin, en una dieta con 83% de concentrado.

La variación en el CMS en el día se estudió a través del análisis del comportamiento animal, precisamente a través del impacto sobre la actividad de consumo total y su patrón de distribución diurno medido cada dos horas. La bibliografía consultada reporta que cuando los animales se adaptan al consumo de dietas altas en concentrado, tienden a realizar comidas de menores tamaños y más frecuentes, intentando evitar un exceso de ácidos a nivel ruminal (González et al., 2012, como se cita en Simeone & Beretta, 2018). Si bien no se encontraron diferencias en la probabilidad de encontrar a los animales consumiendo entre los tratamientos (p -valor = 0,61), al contabilizarse las horas dedicadas a dicha actividad, MON dedicó 2,43 h, LEV 2,03 h y AE 1,98 h en el total de horas luz. El mayor tiempo dedicado al consumo del tratamiento testigo podría explicarse porque

la MON regula los períodos de consumo, siendo de mayor frecuencia, pero de menores cantidades (Monnerat et al., 2013).

Si bien las diferencias en el CMS entre los tratamientos no fueron estadísticamente significativas, el tratamiento que contenía LEV presentó un valor un poco más alto. Debido a esto, y a que la actividad de consumo para este tratamiento fue menor que para el testigo, podría esperarse para este tratamiento una mayor tasa de consumo (g/minuto).

El tiempo dedicado a la rumia no fue alto ya que representó menos de 1 hora en cada uno de los tratamientos. Esto puede ser explicado por la dieta ofrecida, la cual es muy concentrada y sin fibra larga, generando que la tasa de pasaje sea mayor, haya una menor retención del alimento a nivel ruminal y por lo tanto menor rumia (Colucci et al., 1982). Igualmente, dichos valores pueden haber sido subestimados ya que las mediciones fueron realizadas en el período diurno, y es en el período nocturno donde se favorece dicha actividad (Relling & Mattioli, 2003).

La mayor proporción de consumo diurno se dio en el intervalo que corresponde de 17 a 19 h, explicado por la cercanía a una de las horas de suministro, siendo LEV significativamente más alto que MON. Si bien el otro horario de suministro era a las 7 h, el intervalo de 7 a 9 h presentó valores intermedios de consumo. A su vez, los menores consumos se ubicaron en los intervalos entre 13 a 17 h, los que se encontraban más alejados de la hora de suministro del alimento. Esto concuerda con Gibb et al. (1998), que reportan dos picos de consumo para dietas con 92% de concentrado ofrecidas de forma *ad libitum*, uno luego de la entrega del primer alimento en la mañana y otro en la tarde de mayor magnitud que el primero.

Los descensos repentinos de consumo están asociados a la presencia de desórdenes metabólicos como lo son la acidosis y el meteorismo. Es por esto que es de suma relevancia la correcta lectura de comederos y la observación del comportamiento de los animales en los corrales, ya que dichas enfermedades pueden no manifestar un signo clínico evidente.

Se concuerda con Fereli et al. (2010) y Monnerat et al. (2013) cuando afirman que no encuentran diferencias significativas en el pH ruminal, cuando se adiciona monensina o levaduras a la dieta. Cuando se adicionan aceites esenciales como sustitución de la monensina, los resultados de Meyer et al. (2009) y Devant et al. (2007) son acordes a los obtenidos en el presente trabajo. El valor promedio de pH reportado de 6,65 y las observaciones diarias de las heces, permiten inferir que no se evidenciaron cuadros acidóticos. Esto se puede asociar al modo de acción de los aditivos utilizados, ya que la monensina controla las poblaciones productoras de lactato (Dennis et al., 1981, como se cita en Goodrich et al., 1984), la levadura estimularía las poblaciones que utilizan el lactato (Monnerat et al., 2013) y en

cuanto a los aceites esenciales, se ha demostrado que su presencia en el rumen perjudica a las bacterias Gram positivas, como lo son las principales productoras de lactato (*Streptococcus bovis* y *Lactobacillus sp.*).

Como se mencionó en el capítulo de resultados, el meteorismo fue estimado por apreciación visual. Dicho cuadro se comenzó a evidenciar a mitad del experimento y únicamente en LEV y AE, y es de relevancia destacar que dentro de dichos tratamientos hubo reincidencia de las mismas dos o tres terneras. Por el contrario, no se observó la incidencia de timpanismo en el tratamiento con monensina, lo cual concuerda con lo reportado por Goodrich et al. (1984) y Bartley y Nagaraja (1983), donde indican que dicho ionóforo tiene la capacidad de disminuir la aparición de este desorden metabólico.

5.3.3. Efecto de la sustitución de monensina por AE o LEV sobre la eficiencia de conversión

No se observó un efecto significativo de la sustitución de MON por las alternativas de LEV o AE sobre la EC (5,74; 6,24 y 5,89 para MON, AE y LEV respectivamente). Esto ratifica lo encontrado por Geraci et al. (2012), los cuales evaluando la sustitución de MON por AE tampoco encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. A su vez, se coincide con Arm & Hammer (2020a, 2020b) y Zaragoza et al. (2001) cuando evalúan el efecto de la sustitución de monensina por CELMANAX o por Yea-Sacc (respectivamente) sobre la EC, ya que no encuentran diferencias significativas entre el agregado de monensina y el del cultivo de levadura. Por otro lado, Murillo-Ortiz et al. (2019) sí encuentra una mejora en la EC por el agregado de un cultivo de *S. cerevisiae* en una dieta 30:70 forraje:concentrado, en comparación a un tratamiento con el agregado de monensina.

En relación a los valores promedio de EC obtenidos, fueron intermedios ($5,96 \pm 1,04$) si se los compara con bibliografía consultada para un régimen ADT con dietas altamente concentradas (6,4 y 5,46) (Simeone et al., 2008; Beretta et al., 2010). Esto puede estar explicado porque a pesar de tener altos niveles de consumo, las ganancias también fueron altas.

A nivel general, en las variables de interés (eficiencia de conversión, ganancia diaria y consumo de MS) no se encontraron diferencias significativas entre los aditivos utilizados en cada tratamiento, por lo que se confirma la hipótesis planteada en el presente experimento. Estos resultados coinciden con los reportados por Leites et al. (2022) en terneros de destete precoz.

Se encontró una superioridad en el peso vivo a la salida del corral para el grupo de terneras de LEV, frente a AE y MON que, si bien no es estadísticamente significativo, se puede atribuir a la superioridad de LEV en la GMD de 9,8 y 8,4%

frente a MON y AE respectivamente, durante el período experimental, manteniéndose ésta sin significancia estadística.

A su vez, como se mencionó previamente los trastornos alimenticios también inciden en la definición de la EC y, en este sentido, no se reportaron casos de acidosis en el período experimental, lo cual se puede atribuir al período de acostumbramiento, al buen manejo de comederos y a que la ración presentaba un nivel de FDNfe que promovía la masticación, salivación y rumia. Por otro lado, sí se reportaron casos de meteorismo, tanto para el tratamiento con aceites esenciales como para el de levaduras. Para el tratamiento con monensina no se reportó ningún caso de meteorismo, confirmando así la aptitud de dicho aditivo para la disminución de la incidencia de dicha alteración metabólica.

6. CONCLUSIONES

Desde el punto de vista productivo, en vacunos jóvenes (9 a 12 meses de edad) alimentados a corral con una dieta concentrada *ad libitum*, es factible sustituir a la monensina sódica por productos alternativos como la mezcla de aceite de cinamaldehído, eugenol y capsicum o extractos de levadura hidrolizada, no esperándose diferencias sobre variables de crecimiento, consumo y eficiencia de conversión

Igualmente, al haberse observado la incidencia de meteorismo en algunas terneras de los tratamientos con moduladores de la fermentación ruminal de origen natural, es de relevancia analizar esta problemática en los programas de investigación futuros.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, H. (2021). *Effects of essential oils on the performance, health and feeding behavior of growing cattle* [Tesis de maestría]. University of Missouri.
- Alugongo, G. M., Xiao, J., Wu, Z., Li, S., Wang, Y., & Cao, Z. (2017). Utilization of yeast of *Saccharomyces cerevisiae* origin in artificially raised calves. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(1), 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.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_MG/MG_1995_11_95_38_46.pdf
- Arias, R. A., Mader, T. L., & Escobar, P. C. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40(1), 7-22. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2008000100002>
- Arm & Hammer. (2019). *CELMANAX supplementation helped improve growth performance and efficiency in finishing steers on a commercial feedlot*. https://ahfoodchain.com/-/media/spd/files/product-literature/beef/celmanax/research/celmanax_b87_notes_2019.pdf
- Arm & Hammer. (2020a). *Supplementation with CELMANAX aided in improved performance and reduced medical costs in beef heifers*. https://ahfoodchain.com/-/media/spd/files/product-literature/beef/celmanax/research/celmanax_beef_b77_rn_013020_web.pdf
- Arm & Hammer. (2020b). *Supplementation with CELMANAX in heat-stressed finishing feedlot cattle boosted efficiency and performance*. https://ahfoodchain.com/-/media/spd/files/product-literature/beef/celmanax/research/celmanax_beef_b84_rn_013120_web.pdf
- Arm & Hammer Animal and Food Production. (2016). *Spanish - CELMANAX: Unlocking the power of the yeast cell* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=eT7nOqSL94w&t=58s>
- Auclair, E. (2001). Yeast as an example of the mode of action of prebiotics in monogastric and ruminant species. En J. Brufau (Ed.), *Feed manufacturing in the Mediterranean region: Improving safety: From feed to food* (pp. 45-53). CIHEAM. <https://om.ciheam.org/om/pdf/c54/01600010.pdf>

- 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
- Banchero, G., Chalkling, D., & Mederos, A. (2016). Relevamiento de problemas sanitarios y de manejo durante la terminación en bovinos en sistemas de confinamiento en Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*, 52(202), 4-13. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1688-48092016000200001&script=sci_arttext
- Bartley, E. E., & Nagaraja, T. G. (1983). Effect of lasalocid or monensin on feedlot (grain) bloat in cattle. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 0(1), e1101. <https://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/handle/2097/6951/cattle83pg1-4.pdf?sequence=1>
- Bekatorou, A., Psarianos, C., & Koutinas, A. A. (2006). Production of food grade yeasts. *Food Biotechnology Group*, 44(3), 407-415. <https://www.ftb.com.hr/archives/76-volume-44-issue-no-3/390-production-of-food-grade-yeasts>
- Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Colombatto, D., McAllister, T. A., & Beauchemin, K. A. (2008). A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1-4), 209-228. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.04.014>
- Benchaar, C., Duynisveld, J. L., & Charmley, E. (2006). Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake, digestion and growth performance of beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(1), 91-96. <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/A05-027>
- Beretta, V., & Simeone, A. (2008). Suplementación de terneros en invierno sobre pasturas sembradas. En *10ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Una década de investigación para una ganadería más eficiente* (pp. 32-34). UPIC.
- Beretta, V., Simeone, A., Elizalde, J. C., Ferrés, A., & Franco, J. (2010). Fuentes alternativas de fibra para dietas con alto nivel de concentrado. En A. Simeone, & V. Beretta (Eds.), *12ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne, Ganadería a Pasto, feedlot e industria frigorífica: ¿Es posible una integración de tipo ganar-ganar en la cadena de la carne?* (pp. 22-33). UPIC. <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2010.pdf>

- 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.
- Bittner, C. J. (2016). *Effects of feed additives and body weight on growth performance and carcass characteristics of beef finishing cattle* [Tesis de doctorado]. University of Nebraska-Lincoln. <https://core.ac.uk/download/pdf/77945446.pdf>
- Bretschneider, G. (2009). Beneficios del uso de monensina en la alimentación del ganado para carne, leche y cría. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 10(10). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617128021>
- Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Bushmich, S. L., Randel, R. D., McCartor, M. M., & Carroll, L. H. (1980). Effect of dietary monensin on ovarian response following gonadotropin treatment in prepuberal heifers. *Journal of Animal Science*, 51(3), 692-697.
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., & Kamel, C. (2006). Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 89(2), 761-771. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72137-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72137-3)
- Callaway, E. S., & Martin, S. A. (1997). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *Journal of Dairy Science*, 80(9), 2035-2044. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(97\)76148-4/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(97)76148-4/pdf)
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., & Ferret, A. (2007). Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2580-2595. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-644>
- 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
- Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., Ferret, A., & Kamel, C. (2005). Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on in vitro rumen microbial fermentation of a high-concentrate diet for beef cattle. *Journal of Animal Science*, 83(11), 2572-2579.

- Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., Ferret, A., & Kamle, C. (2006). Effects of alfalfa extract, anise, capsicum, and a mixture of cinnamaldehyde and eugenol on ruminal fermentation and protein degradation in beef heifers fed a high-concentrate diet. *Journal of Animal Science*, *84*(10), 2801-2808.
- Cimanga, K., Kambu, K., Tona, L., Apers, S., De Bruyne, T., Hermans, N., Totté, J., Pieters, L., & Vlietinck, A. J. (2002). Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *Journal of Ethnopharmacology*, *79*(2), 213-220.
- Colucci, P. E., Chase, L. E., & Van Soest, P. J. (1982). Feed intake, apparent diet digestibility, and rate particulate passage in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *65*(8), 1445-1456.
[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(82\)82367-9/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(82)82367-9/pdf)
- Couderc, J. J. (2007). *Alimentación y acidosis en el engorde a corral*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/49-acidosis.pdf
- Cox, S. D., Mann, C. M., & Markham, J. L. (2001). Interactions between components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *Journal of Applied Microbiology*, *91*(3), 492-497. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01406.x>
- Dawson, K. A., Newman, K. E., & Boling, J. A. (1990). Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. *Journal of Animal Science*, *68*(10), 3392-3398.
<https://doi.org/10.2527/1990.68103392x>
- Defoor, P. J., Galyean, M. L., Salyer, G. B., Nunnery, G. A., & Parsons, C. H. (2002). Effects of roughage source and concentration on intake and performance by finishing heifers. *Journal of Animal Science*, *80*(6), 1395-1404.
- Delgado Mora, M. C. (2014). *Efecto de un suplemento alimenticio a base de aminoácidos en terneras lactantes* [Trabajo final de grado]. Universidad de La Salle.
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1255&context=medicina_veterinaria
- Denev, S. A., Peeva, T., Radulova, P., Stancheva, G., Staykova, G., Beev, G., Todorova, P., & Tchobanova, S. (2007). Yeast cultures in ruminant nutrition. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *13*, 357-374.

- Dennis, S. M., Avery, T. B., Bartley, E. E., Galitzer, S. J., & Nagaraja, T. G. (1980). Lasalocid or Rumensin to prevent lactic acidosis in cattle. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 0(1), 59-62. <https://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/handle/2097/7387/cattle80pg59-62.pdf?sequence=1>
- Devant, M., Anglada, A., & Bach, A. (2007). Effects of plant extract supplementation on rumen fermentation and metabolism in young Holstein bulls consuming high levels of concentrate. *Animal Feed Science and Technology*, 137(1-2), 46-57.
- Di Lorenzo, N. (2011). Manipulation of the rumen microbial environment to improve performance of beef cattle. En N. Di Lorenzo, & M. Hersom (Coords), *Proceedings of the 22nd Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium* (pp. 118-133). University of Florida. https://www.researchgate.net/profile/Nicolas-Dilorenzo-2/publication/228979910_Manipulation_of_the_Rumen_Microbial_Environment_to_Improve_Performance_of_Beef_Cattle/links/00b7d5329c89e88f0f000000/Manipulation-of-the-Rumen-Microbial-Environment-to-Improve-Performance-of-Beef-Cattle.pdf
- Di Marco, O. N. (2004). *Fisiología de crecimiento de vacunos*. Sitio Argentino de Producción Animal. http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/16-fisiologia_del_crecimiento.pdf
- Di Marco, O. N. (2006). *Eficiencia de utilización del alimento en vacunos*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/89-eficiencia_utilizacion_alimento.pdf
- Di Marco, O. N. (2011). *Estimación de calidad de los forrajes*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf
- Dolezal, P., Dvoracek, J., Dolezal, J., Cermakova, J., Zeman, L., & 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. https://actavet.vfu.cz/media/pdf/avb_2011080020139.pdf
- Dorman, H. J. D., & Deans, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88(2), 308-316. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x>
- Dudareva, N., Pichersky, E., & Gershenzon, J. (2004). Biochemistry of plant volatiles. *Plant Physiology*, 135(4), 1893-1902. <https://doi.org/10.1104/pp.104.049981>

- Duffield, T. F., Merrill, J. K., & Bagg, R. N. (2012). Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *Journal of Animal Science*, 90(12), 4583-4592.
- Edwards, A. (1996). Respiratory diseases of feedlot cattle in central USA. *The Bovine Practitioner*, (30), 5-7. <https://doi.org/10.21423/bovine-vol1996no30p5-7>
- Elizalde, J. C. (2015). Impacto del uso de los sistemas de alimentación a corral como estrategia para el engorde de bovinos para carne. *Maskana*, 6, 83-93. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/652/568>
- Fandiño, I., Calsamiglia, S., Ferret, A., & Blanch, M. (2008). Anise and capsicum as alternatives to monensin to modify fermentation in beef heifers fed a high concentrate diet. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1-4), 409-417. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.04.018>
- Fazio, L. E., Sánchez, R. O., Streitenberger, N., Galvan, W. R., Giudici, C. J., & Gimeno, E. J. (2014). The effect of anthelmintic resistance on the productivity in feedlot cattle. *Veterinary Parasitology*, 206(3-4), 240-245. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.10.010>
- Fazio, L. E., Streitenberger, N., Galvan, W. R., Sánchez, R. O., Gimeno, E. J., & Sanabria, R. E. F. (2016). Efficacy and productive performance of moxidectin in feedlot calves infected with nematodes resistant to ivermectin. *Veterinary Parasitology*, 223, 26-29. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.04.003>
- Fazio, L. E., Yacachury, N., Galvan, W. R., Peruzzo, E., Sánchez, R. O., & Gimeno, E. J. (2012). Impact of ivermectin-resistant gastrointestinal nematodes in feedlot cattle in Argentina. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 32(5), 419-423. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2012000500010>
- Fereli, F., Branco, A. F., Jobim, C. C., Coneglian, S. M., Granzotto, F., & Barreto, J. C. (2010). Monensina sódica e *Saccharomyces cerevisiae* em dietas para bovinos: Fermentação ruminal, digestibilidade dos nutrientes e eficiência de síntese microbiana. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(1), 183-190. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100024>
- Fiems, L. O., Cottyn, B. G., Dussert, L., & Vanacker, J. M. (1993). Effect of a viable culture on digestibility and rumen fermentation in sheep fed different types of diets. *Reproduction Nutrition Development*, 33(1), 43-49 <https://doi.org/10.1051/rnd:19930104>
- Fox, D. G., & Tedeschi, L. O. (2002). Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle. En *Plains Nutrition Council Spring Conference* (pp. 67-81). Texas A&M Research and Extension Center. <https://nutritionmodels.com/papers/FoxandTedeschiPNC2002.pdf>

- Franz, C., Baser, K. H. C., & Windisch, W. (2010). Essential oils and aromatic plants in animal feeding - European perspective: A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 25(5), 327-340.
<https://doi.org/10.1002/ffj.1967>
- García, R. S. (2004). *Las levaduras para la alimentación de los porcinos (Saccharomyces cerevisiae)*. Interding.
http://www.interding.com.ar/en/downloads/Las_Levaduras_para_la_Alimentacion_%20de_los_porcinos.pdf
- Geraci, J. I., Garcarena, A. D., Gagliostro, G. A., Bauchemin, K. A., & Colombatto, D. (2012). Plant extracts containing cinnamaldehyde, eugenol and capsicum oleoresin added to feedlot cattle diets: Ruminal environment short term intake pattern and animal performance. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1-4), 123-130.
- Gibb, D. J., McAllister, T. A., Huisma, C., & Wiedmeier, R. D. (1998). Bunk attendance of feedlot cattle monitored with radio frequency technology. *Canadian Journal of Animal Science*, 78(4), 707-710.
<https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.4141/A98-032>
- Goodrich, R. D., Garrett, J. E., Gast, D. R., Kirick, M. A., Larson, D. A., & Meiske, J. C. (1984). Influence of monensin on the performance of cattle. *Journal of Animal Science*, 58(6), 1484-1498.
- Graminha, C. V., Martins, A. L. M., Faião, C. A., & Balsalobre, M. A. A. 2016. Aditivos na produção de bovinos confinados. SILO.
<https://silo.tips/download/aditivos-na-producao-de-bovinos-confinados>
- Greathead, H. (2003). Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(2), 279-290.
<https://doi.org/10.1079/PNS2002197>
- Griffin, S. G., Wyllie, S. G., Markham, J. L., & Leach, D. N. (1999). The role of structure and molecular properties of terpenoids in determining their antimicrobial activity. *Flavour and Fragrance Journal*, 14(5), 322-332.
- Guedes, C. M., Gonçalves, D., Rodrigues, M. A. M., & Dias-da-Silva, A. (2008). Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* yeast on ruminal fermentation and fibre degradation of maize silages in cows. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1-4), 27-40.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.037>
- Hart, K. J., Yáñez-Ruiz, D. R., Duval, S. M., McEwan, N. R., & Newbold, C. J. (2008). Plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1-3), 8-35.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.007>
- Instituto Uruguayo de Meteorología. (s.f.). *Tablas estadísticas*.
<https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>

- Jang, I. S., Ko, Y. H., Kang, S. Y., & Lee, C. Y. (2007). Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 134(3-4), 304-315.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.009>
- Lascano, C. E., Borel, R., Quiroz, R., Zorrilla, J., Chaves, C., & Wernli, C. (1990). Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad *in vivo*. En M. E. Ruíz, & A. Ruíz (Eds.), *Nutrición de Rumiantes: Guía metodológica de investigación* (pp. 159-168). IICA. <http://repositorio.ica.int/handle/11324/7048>
- 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.
<http://tesis.fagro.edu.uy/index.php/tg/catalog/view/51/32/758>
- Lynch, H. A., & Martin, S. A. (2002). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture and *saccharomyces cerevisiae* live cells on in vitro mixed ruminal microorganism fermentation. *Journal of Dairy Science*, 85(10), 2603-2608. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74345-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74345-2)
- Martin, S. A., & Nisbet, D. J. (1992). Effect of direct-fed microbials on rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 75(6), 1736-1744.
[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(92\)77932-6/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(92)77932-6/pdf)
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., & Morgan, C. A. (1999). *Nutrición animal* (5a. ed.). Acribia.
- Mertens, D. R. (2002). Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. En *Plains Nutrition Council Spring Conference* (pp. 40-66). Texas A&M Research and Extension Center.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=bbb0d32a5d6434784d242e792c1ed344fca2c781#page=47>
- Meyer, N. F., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Greenquist, M. A., Luebke, M. K., Williams, P., & Engstrom, M. A. (2009). Effect of essential oils, tylosin, and monensin on finishing steer performance, carcass characteristics, liver abscesses, ruminal fermentation, and digestibility. *Journal of Animal Science*, 87(7), 2346-2354.
<https://www.proquest.com/openview/40791b3e96a374edf72386b1af1f9066/1?pq-origsite=gscholar&cbl=49113>
- Miranda, A., Zielinski, G., & Rossanigo, C. (2013). *Sanidad en el feedlot*. INTA.
<http://hdl.handle.net/20.500.12123/2159>

- Monnerat, J. P. I. S., Paulino, P. V. R., Detmann, E., Filho, S. C. V., Valadares, R. D. F., & Duarte, M. S. (2013). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* and monensin on digestion, ruminal parameters, and balance of nitrogenous compounds of beef cattle fed diets with different starch concentrations. *Tropical Animal Health and Production*, 45(5), 1251-1257. <https://doi-org.proxy.timbo.org.uy/10.1007/s11250-013-0356-9>
- Moseley, W. M., Dunn, T. G., Kaltenbach, C. C., Short, R. E., & Staigmiller, R. B. (1982). Relationship of growth and puberty in beef heifers fed monensin. *Journal of Animal Science*, 55(2), 357-362.
- Moseley, W. M., McCartor, M. M., & Randel, R. D. (1977). Effects of monensin on growth and reproductive performance of beef heifers. *Journal of Animal Science*, 45(5), 961-968.
- Moya, D., Calsamiglia, S., Ferret, A., Blanch, M., Fandiño, J. I., Castillejos, L., & Yoon, I. (2009). Effects of dietary changes and yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on rumen microbial fermentation of Holstein heifers. *Journal of Animal Science*, 87(9), 2874-2881. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1446>
- Murillo-Ortiz, M., Pámanes-Carrasco, G., Castillo, Y., Ortiz-Robledo, F., & Herrera-Torres, E. (2019). Evaluation of monensin, yeast and glucogenic precursor on growth performance, ruminal fermentation and digestive kinetics of feedlot steers. *Indian Journal of Animal Research*. Publicación anticipada en línea. <https://doi.org/10.18805/ijar.B-1003>
- Nagaraja, T. G., & Titgemeyer, E. C. (2007). Ruminal acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook. *Journal of Dairy Science*, 90, E17-E38. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-478>
- Newbold, C. J., McIntosh, F. M., & Wallace, R. J. (1998). Changes in the microbial population of a rumen simulating fermenter in response to yeast culture. *Canadian Journal of Animal Science*, 78(2), 241-244. <https://cdnsiencepub.com/doi/10.4141/A97-086>
- Newbold, C. J., Wallace, R. J., Chen, X. B., & McIntosh, F. M. (1995). Different strains of *Saccharomyces cerevisiae* differ in their effects on ruminal bacterial numbers in vitro and in sheep. *Journal of Animal Science*, 73(6), 1811-1818. <https://doi.org/10.2527/1995.7361811x>
- Newbold, C. J., Wallace, R. J., & McIntosh, F. M. (1996). Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants. *British Journal of Nutrition*, 76(2), 249-261. <https://doi.org/10.1079/BJN19960029>
- Nicodemo, M. L. F. (2001). *Uso de aditivos na dieta de bovinos de corte*. Embrapa. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/325185>

- 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
- Ornaghi, M. G., Passetti, R. A. C., Torrecilhas, J. A., Mottin, C., Vital, A. C. P., Guerrero, A., Sañudo, C., Campo, M. M., & Prado, I. N. (2017). Essential oils in the diet of young bulls: Effect on animal performance, digestibility, temperament, feeding behaviour and carcass characteristics. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 274-283. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.10.008>
- Ovinge, L. A., Sarturi, J. O., Galyean, M. L., Bellou, M. A., Trojan, S. J., Campanili, P. R. B., Alrumaih, A. A., & Pellarin, L. A. (2018). Effects of a live yeast in natural-program finishing feedlot diets on growth performance, digestibility, carcass characteristics, and feeding behavior. *Journal of Animal Science*, 96(2), 684-693. <https://doi.org/10.1093/jas/sky011>
- Pereira, V., Rodríguez, R., Orjales, I., Chapel, J. M., Domínguez, R., & Vázquez, P. (2016). *Empleo de prebióticos y probióticos en alimentación de rumiantes*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimient/96-Empleo_prebioticos.pdf
- Polin Raygoza, L. A., Muro Reyes, A., & Díaz García, L. H. (2014). Aceites esenciales modificadores de perfiles fermentación ruminal y mitigación de metano en rumiantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(1), 25-47. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265629712004>
- Pordomingo, A. J. (2005). *Feedlot: Alimentación, diseño y manejo*. INTA Anguil.
- Pordomingo, A. J. (2013). *Feedlot: Alimentación, diseño y manejo*. INTA Anguil. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_feedlot_2013.pdf
- 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 (pp. 29-43). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2003:268:FULL&from=EN>
- Relling, A. E., & Mattioli, G. A. (2003). *Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes* (3a. ed.). Universidad Nacional de La Plata. <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2014/08/fisiologia-digestiva-y-met-de-los-rumiantes.pdf>

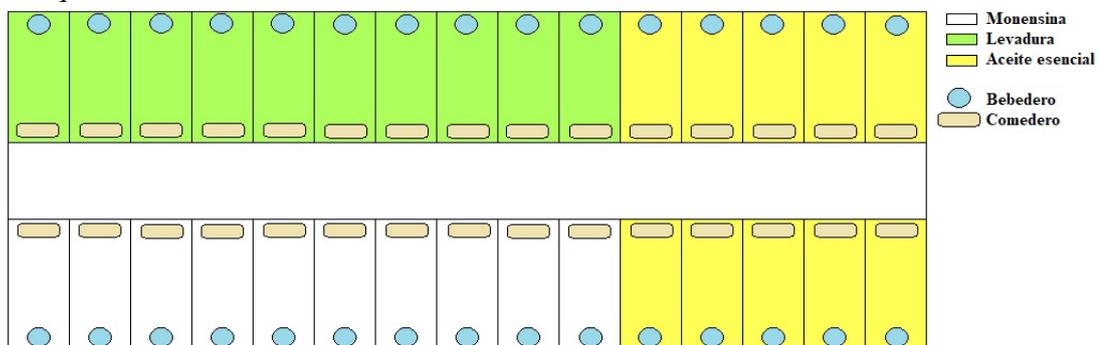
- Richardson, L. F., Raun, A. P., Potter, E. L., Cooley, C. O., & Rathmacher, R. P. (1976). Effect of monensin on rumen fermentation in vitro and in vivo. *Journal of Animal Science*, 43(3), 657-664.
- Romo Valdez, A. M., Portillo Loera, J. J., Urías Estrada, J. D., Estrada Angulo, A., Castro Pérez, B. I., & Ríos Rincón, F. G. (2022). Frecuencia y puntaje de jadeo en bovinos productores de carne en finalización intensiva durante el verano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2), 559-572. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5977>
- Rumsey, T. S. (1984). Monensin in cattle: Introduction. *Journal of Animal Science*, 58(6), 1461-1464.
- 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 Agriculture Science*, 9(4), 21-37. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n4p21>
- Schelling, G. T. (1984). Monensin mode of action in the rumen. *Journal of Animal Science*, 58(6), 1518-1527.
- 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
- Sharifi-Rad, J., Sureda, A., Tenore, G. C., Daglia, M., Sharifi-Rad, M., Valussi, M., Tundis, R., Sharifi-Rad, M., Loizzo, M. R., Oluwaseun, A., Sharifi-Rad, R., Abdulmajid, S., & Iriti, M. (2017). Biological activities of essential oils: From plant chemoecology to traditional healing systems. *Molecules*, 22(1), e70. <https://doi.org/10.3390/molecules22010070>
- Simeone, A., & Beretta, V. (2018). Evaluación del sistema de autoconsumo en el suministro de dietas sin fibra larga a terneros alimentados a corral. *Agrociencia Uruguay*, 22(2), 1-9. <https://doi.org/10.31285/AGRO.22.2.10>

- Simeone, A., Beretta, V., Buffa, J. I., Canán, G., Varalla, D., & Miranda, D. (2018). Analizando los factores que inciden sobre la eficiencia de conversión de un corral de engorde. En A. Simeone, & V. Beretta (Eds.), *20ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: 20 años de investigación para una ganadería más rentable* (pp. 54-63). UPIC.
- Simeone, A., Beretta, V., Burjel, M. V., Aldaya, S., Ayala, M., Mesa, M. I., Pampin, P., Stirling, J., & Zabalveytia, N. (2019). En busca de la eficiencia en el corral de recría: ¿Debemos restringir el consumo en un corral de terneros? En A. Simeone, & V. Beretta (Eds.), *21ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Un medio campo para ganar el partido de la rentabilidad* (pp. 70-77). UPIC.
- Simeone, A., Beretta, V., & Elizalde, J. C. (2008). Encierre de terneros o Sistema ADT (Alimentación Diferencial del Ternero). En A. Simeone, & V. Beretta (Eds.), *10ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Una década de investigación para una ganadería más eficiente* (pp. 38-41). UPIC.
<http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2008.pdf>
- Simeone, A., Beretta, V., Elizalde, J. C., Viera, G., Cortazzo, D., & Ferrés, A. (2011). Autoconsumo en el suministro de dietas sin fibra larga a terneros alimentados a corral. En A. Simeone, & V. Beretta (Eds.), *13ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne: Alimentación a corral en sistemas ganaderos ¿cuándo y cómo?* (pp. 34-41). UPIC. http://rinde.com.uy/pdf/UPIC_2011.pdf
- Stahringer, R. C., Balbuena, O., Kucseva, C. D., Arakaki, L. C., & Cabarcos, G. (2003). *Efecto de la utilización de monensina sobre la aptitud reproductiva de vaquillas*. INTA.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_efecto_de_la_utilizacin_de_monensina_sobre_la_.pdf
- Suárez-Machín, C., & Guevara-Rodríguez, C. A. (2017). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes: Revisión bibliográfica. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(2), 21-30.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251004>
- Sweeten, J., Lubinus, L., Durland, R., & Bruce, B. (s.f.). Feedlot Mounds. En *Beef Cattle Handbook*. Iowa Beef Center.
<https://www.iowabeefcenter.org/bch/FeedlotMounds.pdf>
- Vakili, A. R., Khorrami, B., Danesh Mesagaran, M., & Parand, E. (2013). The effects of thyme and cinnamon essential oils on performance, rumen fermentation and blood metabolites in holstein calves consuming high concentrate diet. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(7), 935-944. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2012.12636>

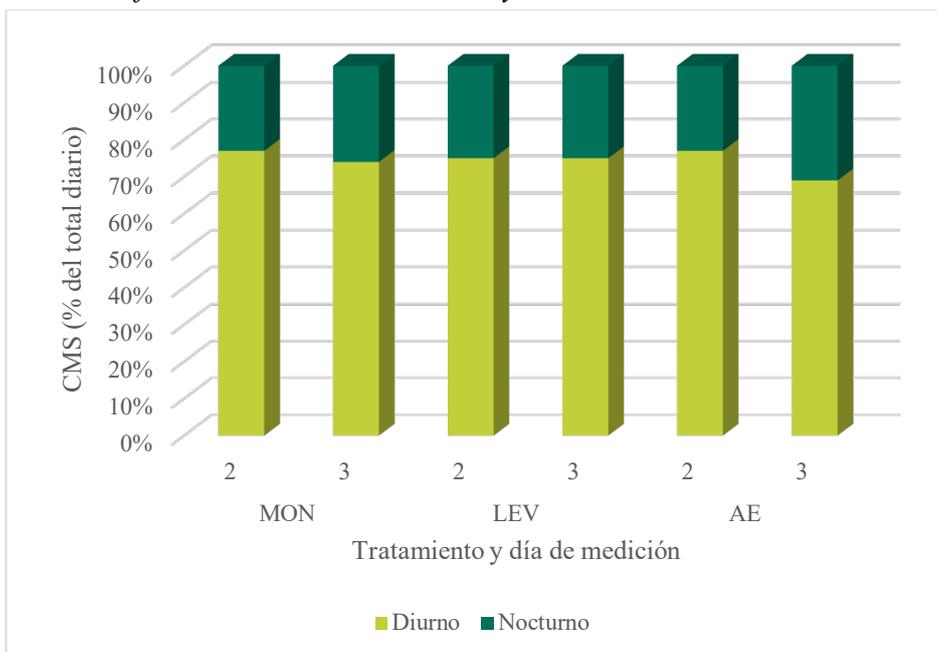
- Van Lier, E., & Regueiro, M. (2008). *Digestión en retículo-rumen*. Universidad de la República.
<http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/AFA/TEORICOS/Repartido-Digestion-en-Reticulo-Rumen.pdf>
- Van Nevel, C. J., & Demeyer, D. I. (1977). Effect of monensin on rumen metabolism in vitro. *Applied and Environmental Microbiology*, 34(3), 251-257. <https://doi.org/10.1128/aem.34.3.251-257.1977>
- 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>
- Westerhold, M. C. (2013). *Essential oil effects on rumen fermentation, animal performance, and meat quality of beef steers* [Tesis de maestría]. Universidad de Missouri.
<https://mospace.umsystem.edu/xmlui/handle/10355/43035>
- Wiedmeier, R. D., Arambel, M. J., & Walters, J. L. (1987). Effect of yeast culture and *aspergillus oryzae* fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. *Journal of Dairy Science*, 70(10), 2063-2068. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80254-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80254-0)
- Yang, W. Z., Benchaar, C., Ametaj, B. N., & Beauchemin, K. A. (2010). Dose response to eugenol supplementation in growing beef cattle: Ruminal fermentation and intestinal digestion. *Animal Feed Science and Technology*, 158(1-2), 57-64.
- Zaragoza, C., Ayala, J., & Mendoza, G. D. (2001). Uso de *Saccharomyces cerevisiae* y monensina sódica en raciones con distinto nivel de proteína para vaquillas Holstein. *Técnica Pecuaria en México*, 39(3), 207-214. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61339303>

8. ANEXOS**Figura anexo 1**

Croquis de la distribución de tratamientos en el corral

**Figura anexo 2**

Consumo de materia seca diurno y nocturno, como proporción del consumo total diario, en función del día de medición y del tratamiento



Nota. MON (monensina), LEV (levaduras), AE (aceites esenciales)