

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO 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

por

Matías LEITES EZQUERRA

Gonzalo SILVEIRA ZABALLA

Juan Martín SUANES TELECHEA

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO

URUGUAY

2022

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Álvaro Simeone

.....

Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Virginia Beretta

.....

Ing. Agr. Victoria Burjel

Fecha: 07/09/22

Autores:

Matías Leites Ezquerria

.....

Gonzalo Silveira Zaballa

.....

Juan Martín Suanes Telechea

AGRADECIMIENTOS

A los tutores Virginia Beretta y Álvaro Simeone, por su dedicación y vocación para compartir sus conocimientos. La experiencia de este trabajo no fue únicamente académica, sino que también contribuyó al crecimiento personal de cada uno de nosotros.

A Natalia Zabalbeytia y Victoria Burjel por el acompañamiento constante durante el desarrollo del trabajo.

A los compañeros que, como nosotros, realizaron su trabajo final en la UPIC durante el verano de 2021, siempre nos brindaron un apoyo desinteresado en cada momento que lo necesitamos.

A los funcionarios de la EEMAC, especialmente al Sr. Diego Mosqueira, cuyo apoyo fue fundamental en el trabajo de campo.

Finalmente el cariñoso agradecimiento a nuestros familiares y amigos que nos apoyaron de forma incondicional a lo largo de todo el camino transitado durante la carrera. Sin duda han sido pilares fundamentales y nada de esto hubiera sido posible sin ellos.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2. 1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	2
2. 2 <u>MONENSINA</u>	3
2. 2. 1 <u>Aspectos generales</u>	3
2. 2. 2 <u>Mecanismos de acción</u>	4
2. 2. 3 <u>Principales resultados esperados y obtenidos de la monensina como aditivo nutricional en rumiantes</u>	5
2. 3 <u>ACEITES ESENCIALES</u>	7
2. 3. 1 <u>Aspectos generales</u>	7
2. 3. 2 <u>Clasificación y modo de acción</u>	7
2. 3. 3 <u>Efectos sobre la fermentación ruminal y la performance animal</u>	9
2. 4 <u>LEVADURAS</u>	12
2. 4. 1 <u>Aspectos generales</u>	12
2. 4. 2 <u>Mecanismos de acción</u>	13
2. 4. 3 <u>Principales resultados de la utilización de levaduras como aditivo nutricional en rumiantes</u>	14
2. 5 <u>HIPÓTESIS</u>	16
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	17
3. 1 <u>LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL</u>	17
3. 2 <u>CLIMA</u>	17
3. 3 <u>INFRAESTRUCTURA</u>	17
3. 4 <u>ALIMENTOS</u>	17
3. 5 <u>ANIMALES</u>	19
3. 6 <u>TRATAMIENTOS</u>	19
3. 7 <u>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</u>	19
3. 7. 1 <u>Período experimental</u>	20
3. 7. 2 <u>Manejo sanitario</u>	20
3. 8 <u>REGISTROS Y MEDICIONES</u>	20
3. 8. 1 <u>Altura del anca y peso vivo</u>	20
3. 8. 2 <u>Consumo de materia seca</u>	20
3. 8. 3 <u>Comportamiento animal</u>	21
3. 8. 4 <u>Patrón de actividad de consumo</u>	21

3. 8. 5 <u>pH</u>	21
3. 8. 6 <u>Frecuencia respiratoria</u>	21
3. 9 <u>VARIABLES CALCULADAS</u>	22
3. 9. 1 <u>Ganancia media diaria</u>	22
3. 9. 2 <u>Eficiencia de conversión</u>	22
3. 9. 3 <u>Patrón de CMS</u>	22
3. 10 <u>ANÁLISIS QUÍMICO</u>	22
3. 11 <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	22
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	25
4. 1 <u>CONDICIONES CLIMÁTICAS</u>	25
4. 2 <u>CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA</u>	26
4. 3 <u>PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA</u>	26
4. 4 <u>CONSUMO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN</u>	28
4. 5 <u>PATRÓN DE CONSUMO DE MATERIA SECA</u>	31
4. 6 <u>VARIABLES INTERPRETATIVAS</u>	32
4. 6. 1 <u>Actividad de acceso al comedero</u>	32
4. 6. 2 <u>Rumia</u>	33
4. 6. 3 <u>Descanso</u>	33
4. 6. 4 <u>pH</u>	34
4. 6. 5 <u>Frecuencia respiratoria</u>	35
4. 6. 6 <u>Patrón de actividad de consumo</u>	35
4. 7 <u>ANÁLISIS ECONÓMICO</u>	36
4. 8 <u>DISCUSIÓN GENERAL</u>	37
5. <u>CONCLUSIONES</u>	39
6. <u>RESUMEN</u>	40
7. <u>SUMMARY</u>	41
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	42
9. <u>ANEXOS</u>	48

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.		Página
1.	Extractos de plantas utilizados en experimentos, componentes activos y microorganismos susceptibles a estos.....	8
2.	Composición química de los componentes de la dieta y de la dieta suministrada.....	18
3.	Descripción de núcleos experimentales.....	18
4.	Composición de núcleos experimentales.....	19
5.	Características climáticas durante el período experimental.....	25
6.	Efecto tipo de aditivo utilizado en raciones concentradas suministradas a terneros de destete precoz alimentados a corral sobre variables de crecimiento posdestete.....	26
7.	Efecto de los aditivos sobre variables posdestete de consumo de MS y eficiencia de conversión en terneros de destete precoz.....	28
8.	Distribución del consumo en kg en las diferentes etapas del día en terneras destetadas precozmente a corral con una dieta alta en concentrados.....	31
9.	Efecto de la sustitución de monensina por levadura y aceites esenciales sobre actividades comportamentales, pH ruminal y frecuencia respiratoria (variables medidas en semana 2, 6 y 8), de terneros de destete precoz alimentados con raciones concentradas.....	32
10.	Distribución en las distintas franjas horarias de la probabilidad de encontrar a un animal accediendo a comedero dentro del tiempo total de actividad de consumo diurno, en terneras de destete precoz y alimentadas a corral con dieta alta en concentrado.....	35
11.	Costos en dólares por kg producido en cuanto a aditivos, alimentación y costo total para cada uno de los tratamientos.....	36

Figura No.	Página
1. Modelo de acción de la monensina sobre <i>Streptococcus bovis</i>	4
2. Productos de hidrólisis de la pared celular de levadura y sus efectos a nivel ruminal.....	13
3. Efecto de la sustitución de monensina (MON) por levaduras (LEV) o aceites esenciales (AE) sobre la evolución de peso vivo de terneras destetadas precozmente y alimentadas a corral con dietas concentradas.....	27
4. Efecto de la sustitución de monensina por levaduras o aceites esenciales, sobre la evolución semanal del consumo de materia seca (expresado como porcentaje del peso vivo) en terneras destetadas precozmente a corral bajo una dieta alta en concentrados.....	29
5. Evolución del pH de cada uno de los tratamientos a lo largo del período experimental medido en los días 14, 49 y 56 en terneras destetadas precozmente a corral bajo una dieta alta en concentrados.....	34

1. INTRODUCCIÓN

Una de las principales limitantes en los sistemas de la cría vacuna a nivel nacional es el bajo porcentaje de destete; este se encuentra en un promedio de 63 terneros destetados por cada 100 vacas entoradas (MGAP. DIEA, 2010), siendo que la especie tiene potencial biológico para mejorar este valor. En este sentido, la técnica de destete precoz tiene un importante margen de mejora en estos sistemas.

Esta técnica, permite aumentar el porcentaje de preñez de las vacas que al entore poseen condiciones corporales menores a 3 (en escala de 1 a 8), sin afectar el crecimiento del ternero siempre que se aplique cuando estos presentan entre 60-90 días de edad y/o más de 70 kg PV, y reciban la alimentación adecuada. Por otra parte la técnica destete precoz a corral (DPC) permite además de el ya mencionado beneficio sobre la eficiencia reproductiva, el aumento del peso al destete (Simeone y Beretta, 2002).

Las raciones comerciales utilizadas comúnmente para el destete precoz a corral contienen monensina, un antibiótico, cuya función principal es aumentar la eficiencia de conversión del alimento en carne y regular el pH ruminal a partir de cambios en la composición de la microbiota del mismo (Bergen y Bates, 1984).

En el 2006 se prohibió por parte de la Unión Europea la utilización de antibióticos promotores del crecimiento en la producción animal, dentro de los que se incluye la monensina. Considerando que la UE es uno de los principales importadores de carne uruguaya, y ante la posibilidad de que también se prohíba la importación de productos que utilizaron dichos antibióticos en su producción; surge la necesidad de evaluar sustitutos.

En los últimos años se ha investigado sobre el uso de levaduras y aceites esenciales como posibles sustitutos de la monensina, pero la mayoría de los trabajos se han realizado en animales adultos con dietas altas en concentrados, comparandolos generalmente con un testigo sin aditivo o con monensina y pocas veces evaluando las posibles alternativas entre sí.

Debido a la poca información disponible a nivel nacional con relación a este tema, resulta importante evaluar, en nuestras condiciones, el potencial de uso de los aceites esenciales y de las levaduras como aditivos nutricionales en dietas de corral en terneros destetados precozmente.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial de uso de los aceites esenciales y de las levaduras como aditivos nutricionales alternativos a la monensina, en dietas de corral en terneros destetados precozmente.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUCCIÓN.

El destete precoz (DP) es una técnica que consiste en la interrupción definitiva de la relación vaca ternero, su aplicación se recomienda en vacas que se encuentran en anestro profundo, en dicha situación los resultados esperados son de 85-90% de preñez. La interrupción se realiza entre los 60-90 días post parto, el objetivo es eliminar los requerimientos de lactación, y que, la energía que se destina a dicha actividad pueda ser utilizada por el animal para el reinicio de la actividad cíclica. Por otra parte, el efecto que tiene el ternero sobre la fisiología reproductiva de su madre también es eliminado con la aplicación de esta técnica generando de esta forma el comienzo anticipado de la actividad sexual de las vacas si se compara con un destete convencional (6-8 meses) (Simeone y Beretta, 2002).

El destete precoz convencional como técnica primaria para incrementar los porcentajes de preñez del rodeo de cría se basa en una dieta forrajera (campo natural o pasturas sembradas) con suplementación de concentrado a razón de 1 – 1,5 %PV (Simeone y Beretta, 2002).

Los requerimientos del ternero de DP, para obtener ganancias similares a las que obtendría al pie de la madre (0,600 kg/día) son: 2,60 Mcal EM/kg MS, 16% proteína cruda/kg MS, 0,64% calcio/kg MS y 0,32% fósforo/kg MS (Simeone y Beretta, 2002).

En el caso del destete precoz a corral el objetivo no es solo el aumento del porcentaje de preñez del rodeo, sino que también se busca aumentar el peso de los terneros a los 180 días de edad (Beretta et al., 2012).

En la alimentación para el DPC, dados los altos requerimientos nutricionales y la baja capacidad de consumo de alimentos sólidos debido al escaso desarrollo ruminal, son necesarias dietas altamente concentradas (entorno 20:80 relación voluminoso concentrado) (Béguet et al., s.f.). Los concentrados utilizados para este periodo de alimentación tienen como característica la presencia de antibióticos promotores del crecimiento, el más utilizado es la monensina sódica.

La monensina es un ionóforo producto de la fermentación de una cepa de *Streptomyces cinnamonensis*. Cuando se administra a rumiantes, en pequeñas cantidades, modifica la microbiota ruminal, inhibiendo específicamente a bacterias gram-positivas cuyos productos de fermentación son principalmente el ácido acético, el ácido butírico, el hidrógeno y el ácido láctico. Como resultado de esta inhibición, proliferan más las bacterias gram-negativas las cuales son las principales responsables de la fermentación propiónica, resultando en una mejor eficiencia de utilización de energía, debido a una menor producción de gases, especialmente metano, mejorando así los resultados productivos (Bergen y Bates, 1984).

También asociado al suministro de dietas altamente concentradas con alta proporción de almidón rápidamente degradable, surge el problema de la acidosis. Debido a las altas tasas de producción de ácidos grasos volátiles y baja producción de saliva (buffer) en la digestión de dietas almidonosas se genera una disminución abrupta del pH ruminal pudiendo generar desórdenes metabólicos (Couderc, 2007). En este aspecto la monensina también juega un rol importante debido a la inhibición de las bacterias gram-positivas como lo son *Ruminococci* y *Butyrivibrio fibrisolvens*, principales especies bacterianas productoras de acetato y H⁺ en el rumen (Pinos y González, 2000).

En el marco de la prohibición de los antibióticos promotores de crecimiento dictaminada en la Unión Europea a partir del 01/01/2006 (Parlamento Europeo y Consejo Europeo, 2003) y ante la inminente prohibición de la importación de carne de países que utilizan dicho antibiótico, es necesario hallar alternativas para esta. En este contexto se definen como potenciales sustitutos los aceites esenciales y las levaduras, los cuales han sido objeto de estudio en numerosos experimentos con diversos resultados, sin embargo, prácticamente ninguno de estos ha sido sobre terneros de destete precoz.

En este capítulo se revisará de forma independiente cada una de las alternativas, detallando sus principales características, modos de acción, efecto y principales resultados obtenidos en investigación que posicionan a estos probióticos como posibles sustitutos de la monensina.

2. 2 MONENSINA.

2. 2. 1 Aspectos generales.

La monensina es un compuesto biológicamente activo producido por una cepa de *Streptomyces cinnamonensis* que actúa como un ionóforo, es una sustancia lipofílica que atrapa preferentemente iones de sodio facilitando su difusión a través de la membrana celular y alterando de este modo la actividad de la bomba sodio-potasio de la membrana plasmática (Santini y Di Marco, 1983).

Los ionóforos inhiben selectivamente el crecimiento de ciertos microorganismos en el rumen, inicialmente fueron utilizados como coccidiostático para aves, y a partir de la década del 70 comenzaron a ser utilizados en dietas de rumiantes (Nicodemo, 2001), como estrategia para mejorar los resultados productivos y económicos del agronegocio (Campos et al., 2013). Esta inhibición selectiva se da principalmente sobre bacterias gram positivas debido a que la estructura de su pared celular es más simple que la de las gram negativas, de esta forma el ionóforo podrá actuar de manera mucho más eficiente en las primeras (Bergen y Bates, 1984).

La monensina sódica viene incluida en las raciones comerciales formando parte del núcleo junto con vitaminas y minerales. También puede ser adquirida de forma individual e incorporado como un componente más a la ración totalmente mezclada (RTM) (Alessio, 2014). La monensina suministrada a niveles mayores a 10 mg.kg⁻¹ PV

puede generar toxicidad en los vacunos pudiendo provocar incluso la muerte (Campos, et al., 2013), las dosis recomendadas están en el orden de 1 a 3 mg.kg⁻¹ PV (Alessio, 2014).

2. 2. 2 Mecanismos de acción.

Russell y Strobel (1989) desarrollaron un modelo (figura 1) cuyo objetivo fue explicar de qué forma actúa el ionóforo monensina sódica en el desarrollo de *Streptococcus bovis*, la cual es una bacteria gram positiva que se encuentra en el rumen de los bovinos. Cuando la monensina se une a la membrana celular, la primera reacción que ocurre es una salida rápida de K⁺ y una entrada de H⁺ a la célula, siendo esto causado por el cambio de gradiente iónico externo. El H⁺ acumulado dentro de la célula provoca una disminución del pH. La respuesta de la célula a esta disminución del pH intracelular es a través de la exportación de H⁺ y permitiendo que el Na⁺ ingrese; entonces la segunda reacción se caracteriza por el transporte de sodio hacia dentro de la célula y de hidrógeno hacia fuera de ésta, aunque esto es menos eficaz que la primera reacción. Otra forma de exportar hidrógeno es a través de la bomba de protones ATPasa. Por lo tanto, gran parte de la energía producida por la célula es utilizada por bombas de Na⁺/K⁺ y protón ATPasa, en un intento por mantener el pH y el equilibrio de iones celulares. Con el tiempo, la célula se vuelve incapaz de continuar metabolizando la glucosa, disminuyendo así la capacidad de crecer y reproducirse de las bacterias, de modo que disminuyen su presencia en el rumen.

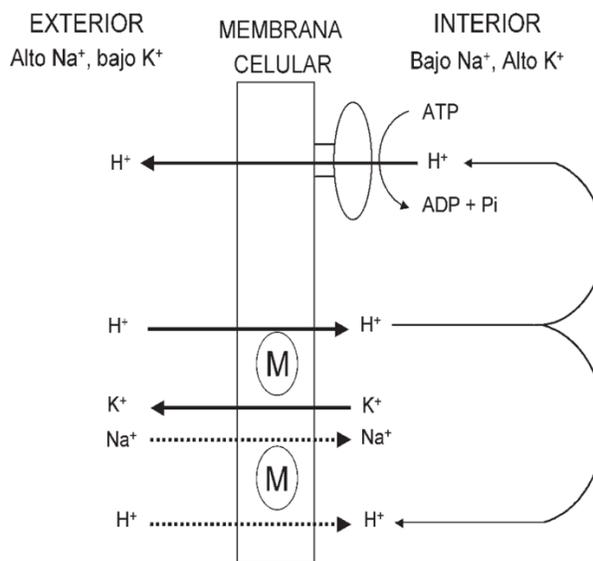


Figura 1: Modelo de acción de la monensina sobre *Streptococcus bovis*.

Fuente: tomado de Russell, citado por Pinos y González (2000).

Los efectos de la monensina sobre la microbiota del rumen se traducen en cambios cuantitativos sustanciales en los productos finales de la digestión ruminal, afectando la proporción de los ácidos acético, propiónico, butírico y de otros ácidos grasos volátiles de cadena corta. También altera la producción de gas metano (ésta puede representar hasta un 12% de pérdida de energía del alimento, y los ionóforos tienen la capacidad de disminuir las pérdidas por metano en un 30%) y de dióxido de carbono, modificando el calor de fermentación y la energía disponible para el metabolismo microbiano. Estos cambios producidos en el tracto digestivo se traducen en una mayor eficiencia de conversión del alimento. Según el tipo de dieta puede mejorar la ganancia de peso con un mismo consumo o mantener la ganancia de peso con un menor consumo. (Santini y Di Marco, 1983, Russell y Strobel, 1989).

También se registran efectos de los ionóforos en el metabolismo del nitrógeno en rumiantes, estudios sugieren que la monensina disminuye la cantidad de enzimas proteolíticas y desaminativas resultando en un mayor porcentaje de proteína que escapa de la degradación ruminal (Van Nevel y Demeyer, 1977). Esto genera que una mayor proporción de la proteína dietaria quede disponible para ser digerida en el intestino delgado, aumentando el aprovechamiento de la misma (Bergen y Bates, 1984).

2. 2. 3 Principales resultados esperados y obtenidos de la monensina como aditivo nutricional en rumiantes.

De acuerdo con Bergen y Bates (1984) hay tres áreas principales del metabolismo animal que pueden contribuir a las mejoras productivas por la utilización de ionóforos, estas son:

-Incremento de la eficiencia del metabolismo energético en el rumen y/o en el animal.

-Mejorar el metabolismo del nitrógeno en el rumen y/o en el animal, a través de una mayor proporción del nitrógeno dietético que escapa de la degradación ruminal para posteriormente ser absorbido en el intestino delgado.

-Retraso de los desórdenes metabólicos ocurridos en la alimentación a corral con dietas muy concentradas, especialmente acidosis (crónica) y timpanismo.

Según Pinos y González (2000), estos cambios en el metabolismo se darían por los siguientes efectos biológicos 1) reducción de la relación acetato-propionato (C2:C3); 2) incremento de la concentración de lactato usado para propionato vía acrilato; 3) disminución de la desaminación y degradación de proteínas en el rumen; 4) inhibición de la producción de formiato en bacterias Gram positivas; 5) reducción de la generación de metano, como resultado de la menor disponibilidad y transferencia de H⁺ entre bacterias; 6) disminución de la producción de ácido láctico en condiciones de acidosis, disminuyendo el crecimiento de bacterias Gram negativas productoras de succinato;

inhibiendo el recambio del contenido ruminal provocando una ligera inhibición de protozoarios y reduciendo la viscosidad del fluido ruminal en animales timpanizados.

El pH es uno de los factores más importantes que influye notablemente en el establecimiento y crecimiento poblacional de los microorganismos ruminales. La lasalocida y la monensina (ionóforos) tienen un efecto indirecto en el pH ruminal al inhibir el crecimiento poblacional de bacterias Gram positivas productoras de lactato (Dennis et al., 1981). Debido a esto, algunos autores le han atribuido a los ionóforos un efecto controlador de la acidosis ruminal (Russell y Strobel, 1989); a su vez, estos autores también destacan como efectos principales de la monensina la disminución de la producción de amoníaco y lactato, y un aumento en la digestibilidad del alimento.

Bergen y Bates (1984) señalaron que, en rumiantes alimentados con alta proporción de carbohidratos rápidamente fermentables, los ionóforos deprimen el consumo de alimento, pero no modifican la ganancia de peso, lo cual implica una mejor conversión alimentaria; además, que cuando los rumiantes reciben dietas con elevada cantidad de forrajes, los ionóforos no deprimen el consumo y mejoran la ganancia de peso.

De acuerdo con Nicodemo (2001), en dietas con alto contenido de granos, es decir, dietas con alta concentración de carbohidratos rápidamente fermentables, se puede esperar una disminución de la ingestión del alimento de entre 8% y 10% y una mejora en la conversión del alimento debido al mantenimiento de las ganancias diarias, sin afectar la carcasa.

Los efectos positivos de la monensina sobre la eficiencia de producción han sido extensamente documentados en el tiempo. Duffield et al. (2015) realizaron un meta análisis de 64 artículos e informes que contenían 169 ensayos con resultados del desempeño de bovinos alimentados con monensina. En dicho trabajo, el efecto de la monensina fue calculado como eficiencia de alimentación, ganancia media diaria y consumo diario de materia seca. Los resultados obtenidos, evidenciaron que, el uso de monensina en etapas de crecimiento y terminación de ganado vacuno redujo el consumo diario de materia seca ($P < 0.001$) y mejoró la ganancia media diaria ($P < 0.001$), y por lo tanto la eficiencia de alimentación ($P < 0.001$). La concentración promedio de monensina en el alimento entre los tratamientos fue de 28,1 mg/kg MS y esto resultó en aproximadamente un 6,4% de aumento en la eficiencia de uso del alimento, 3% de disminución en el consumo diario de materia seca, y 2,5% de aumento en la ganancia media diaria. Sin embargo, los tres factores analizados presentaron moderada y significativa heterogeneidad dependiendo de factores de la dieta: casos en los que se incluyó silo de maíz disminuyó el consumo de materia seca y eficiencia de conversión en comparación con ensayos en donde no se incluyó esta fuente de fibra; dosis: diferentes dosis utilizadas en los ensayos mostraron una relación lineal y positiva entre el aumento de la dosis y la mejora en la eficiencia de conversión (rango de monensina utilizado 3 a 98 mg.kg⁻¹ MS); y el diseño de los experimentos que se identificaron como las variables más influyentes en este sentido.

A pesar de las mejoras expresadas anteriormente, el efecto de la monensina en la eficiencia de alimentación ha presentado variaciones desde experimentos que no encontraron diferencias significativas entre tratamientos con y sin monensina (Burrin et al., 1988, Zinn y Borques, 1993), hasta experimentos con una mejora del 18% en esta variable (Bartley et al., 1979).

2.3 ACEITES ESENCIALES.

2.3.1 Aspectos generales.

Los aceites esenciales (AE) son componentes secundarios de las plantas, generalmente de naturaleza volátil (Greathead y Simon citados por Benchaar et al., 2008). El término esencial deriva de la palabra “esencia”, lo cual significa que se puede oler o degustar (Burt, 2004). La concentración y tipo de AE en las plantas varía según la especie y órgano de la planta principalmente.

La función principal de estos compuestos es brindarle a la planta protección contra agentes estresantes abióticos y bióticos, y en algunas ocasiones atraer a otros organismos para favorecer la polinización y dispersión de sus semillas (Wink y Schimmer, 1999).

2.3.2 Clasificación y modo de acción.

Los principios activos que se encuentran en los AE se clasifican dentro de dos grupos químicos; terpenoides (monoterpenoides y sesquiterpenoides) y fenilpropanoides. Estos dos grupos se originan de diferentes precursores del metabolismo primario y son sintetizados por vías metabólicas diferentes en las plantas. Los terpenoides son el grupo más numeroso y diversificado (Gershenzon y Croteau citados por Polin et al., 2014). Los aceites esenciales actúan sobre la membrana celular, esto se da gracias a la naturaleza hidrofóbica de las cadenas de carbono que los componen, la cual les permite interactuar con dicha membrana, acumulándose en medio de las dobles capas de la pared celular, ocupando espacio entre las cadenas de ácidos grasos, lo que causa cambios en la conformación en la estructura de la membrana resultando en su fluidificación y expansión (pérdida de la estabilidad). La pérdida de estabilidad de la membrana causa la fuga de iones a través de esta, la mayoría de las veces las bacterias pueden contrarrestar este efecto mediante bombas iónicas y la célula no siempre muere, pero genera un gran gasto de energía que hace que disminuya su crecimiento. Estos cambios en las tasas de crecimiento resultan en una modificación de la fermentación ruminal (Griffin et al., 1999, Cox et al., 2001).

Al igual que la monensina la mayoría de los AE son lipofílicos y no pueden penetrar las paredes de naturaleza hidrofílica de las células Gram negativas (por otros mecanismos algunos compuestos como el carvarol y el timol pueden atravesarla, esto reduce su selectividad haciendo que puedan afectar a bacterias deseables). Se ha encontrado que los aceites de canela y clavo de olor pueden inhibir la actividad enzimática

de *Enterobacter aerogenes* (a pesar de esta ser una bacteria Gram negativo) (Cox et al., 2001).

En cuanto a su efecto sobre la población microbiana ruminal se ha observado que no modifica el total de dicha población, sino que modifica las proporciones de los grupos bacterianos (Calsamiglia et al., 2007). En el cuadro N° 1 se detallan los componentes activos y microorganismos susceptibles a estos, de los aceites esenciales más utilizados en investigaciones.

Cuadro N° 1: Extractos de plantas utilizados en experimentos, componentes activos y microorganismos susceptibles a estos.

Aceite esencial de	Componente activo	Microorganismos susceptibles
<i>Capsicum annum</i> (Ají)	Capsaicina	Bacterias Gram positivo y Gram negativo
<i>Cinnamomum sp.</i> (Canela)	Cinnamaldehído	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella enteritidis</i>
<i>Sizugium aromaticum</i> (Clavo de olor)	Eugenol	<i>E. coli</i> , <i>Staph. aureus</i> , <i>L. monocytogenes</i> <i>S. enteritidis</i> , <i>C. jejuni</i>
<i>Allium sativum</i> (Ajo)	Alicina	Bacterias enteropatógenas.
<i>Anethum graveolens</i> (Eneldo)	Limoneno	Bacterias gram negativas y gram positivas.
<i>Juniperus oxycedrus</i> (Enebro)	Cadineno y pineno	<i>Aeromonas sobria</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Estafilococo aureus</i> .
<i>Maleluca alternifolia</i> (Árbol de té)	Terpeno	<i>Estafilococo aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , bacterias gram

		negativas y gram positivas.
<i>Origanum vulgare</i> (Orégano)	Carvarol y timol	Bacterias gram negativas y gram positivas.
<i>Pimpinella anisum</i> (Anís)	Anetol	<i>Brochothrics thermosphacta.</i>

Fuente: adaptado de Calsamiglia et al. (2007).

2. 3. 3 Efectos sobre la fermentación ruminal y la performance animal.

Los aceites presentados en el cuadro N° 1 han sido utilizados en numerosos experimentos tanto *in vitro* como *in vivo*, con resultados variables, algunos de los cuales se presentarán a continuación. En estos, se evaluaron diversas variables como el consumo de materia seca, la ganancia media diaria, el pH ruminal, el nivel de producción de ácidos grasos volátiles (AGV), la variación de las proporciones de dichos AGV además de la producción de metano, las cuales afectan la eficiencia energética de conversión de alimento. También fue estudiada la producción de nitrógeno amoniacal el cual sirve como indicador para evaluar la eficiencia en la utilización del nitrógeno.

Geraci et al. (2012) compararon una mezcla de extractos de canela y clavo de olor contra monensina, el experimento se realizó sobre terneros (PV 141 +/- 6,6 kg) suministrándoseles una ración totalmente mezclada alta en concentrado por un periodo de 84 días. No se encontraron diferencias significativas en las eficiencias de conversión, en la materia seca consumida, en las ganancias medias diarias, en el patrón de consumo, ni en las características de calidad de carne evaluadas (deposición de grasa trasera y área de ojo de bife). Tampoco se vieron diferencias significativas entre los pH ruminales de los dos tratamientos, sin embargo, si se observaron pH numéricamente menores en el tratamiento con extractos de plantas (5.55 vs 6.05) lo que podría explicar el menor nivel de NH₃-N en el tratamiento con extractos vegetales. La concentración total de AGV no tuvo variaciones entre los tratamientos, así como tampoco hubo diferencias significativas entre las concentraciones de cada ácido graso, pero si hubo una tendencia a una mayor concentración de propionato contrastada por una menor concentración de acetato en el tratamiento que utilizó extractos de canela y clavo de olor. Según los autores en este experimento se llega a resultados muy promisorios para los aceites esenciales teniendo resultados similares e incluso mejor en algunos aspectos que la monensina.

Cardozo et al. (2006) evaluaron el efecto de capsicum y una mezcla de cinnamaldehído y eugenol (entre otros extractos vegetales) en la fermentación ruminal y la degradación de proteína en vaquillonas de carne alimentadas con una dieta alta en concentrado. Realizaron dos experimentos comparándolos con un control sin ningún tipo de aditivo; por un lado, una mezcla de cinnamaldehído (0,18g/d), eugenol (0,09 g/d) y

extracto de alfalfa en el experimento número uno, mientras que en el número dos se utilizaron aceite de capiscum (1g/d), extracto de anís (2g/d) y una mezcla de cinnamaldehído (0,6g/d) y eugenol (0,3g/d). La dieta de las vaquillonas estuvo compuesta en un 90% por concentrado y 10% de forraje, siendo alimentadas *ad libitum*. Comparando los datos del control con el experimento número uno; la mezcla de cinnamaldehído y eugenol disminuyó la cantidad de materia seca consumida total y la producción de N amoniacal sugiriendo que se inhibe la desaminación de aminoácidos, no afectando la relación acetato:propionato. En el segundo experimento ningún tratamiento tuvo efecto sobre el pH, el total de AGV o la proporción de butirato. El tratamiento con aceite de capiscum incrementó el consumo tanto de materia seca como de agua, así como también la proporción de acetato. El cinamaldehído y eugenol en cambio, disminuyeron el consumo de agua, la producción de acetato y las concentraciones de N amoniacal, mientras que incrementaron la proporción de propionato.

Busquet et al. (2006) realizaron un experimento donde diversos tratamientos con distintos aceites esenciales se incubaron *in vitro* en fluido ruminal proveniente de una dieta 50/50 forraje/concentrado. Los tratamientos fueron: Control (sin aditivo), aceite de anís, aceite de enebro, extracto de pimienta, extracto de canela, extracto de clavo de olor, aceite de eneldo, aceite de ajo, aceite de orégano y extracto de árbol de té; para cada tratamiento se utilizaron dosis de 3, 30, 300 y 3000 mg/l de líquido ruminal. La mayoría de los compuestos disminuyó la cantidad de AGV excepto algunos (entre ellos el extracto de pimienta). Los aceites de *Capsicum annum* (ají), *Cinnamomum sp.* (canela) y *Sizugium aromaticum* (clavo de olor) redujeron la concentración de N amoniacal entre un 30-50%. Capsicum no afectó el pH a ninguna de las dosis utilizadas, cinnamaldehído lo aumentó a la mayor dosis, al igual que el eugenol. En cuanto a lo sucedido con los AGV el cinnamaldehído y eugenol aumentaron las proporciones de propionato a dosis de 300 y 3000 mg/l, en contraste el Capsicum a 3000 mg/l la redujo. El butirato se vio aumentado por el eugenol incubado a 300 mg/l pero disminuido a 3000 mg/l de este mismo compuesto. El capsicum y cinnamaldehído no tuvieron efecto sobre el butirato.

Cardozo et al. (2005) demostraron en estudios *in vitro* que el efecto de los AE puede depender del pH del medio, ya que utilizando cinamaldehído observó que a pH 7 se lograban mayores proporciones de acético mientras que a pH 5,5 se daba lo opuesto, disminuyendo las proporciones de este.

Rodriguez-Prado et al. (2012) midieron el efecto de la adición de extracto de ají en el consumo de materia seca, el consumo de agua y la fermentación ruminal agregando 125, 250 y 500 mg/d de extracto de ají además del testigo sin agregado de este. Estos tratamientos se aplicaron sobre vaquillonas Holando de 438 +/- 71 kg PV, alimentadas con una dieta 10% fibra y 90% concentrado. Los resultados mostraron que el agregado de dicho extracto provocó un incremento lineal del consumo de materia seca (con un aumento de entre 9 y 14%), el cual se vio acompañado por un incremento en el consumo de agua. También es interesante analizar el comportamiento de consumo, donde se observó un menor consumo en las primeras dos horas a pesar de que el consumo total

creció, se estima que esto se debería al picante. La concentración total de AGV tendió a aumentar con la adición del extracto de pimienta lo que es consistente con el aumento del consumo y la disminución del pH ruminal. No se observaron diferencias en el N amoniacal a nivel ruminal ni en el perfil de ácidos grasos lo que confirma para estos autores que la función de los extractos de pimientos serían aumentar el consumo y afectar su patrón y no cambiar las características de la fermentación. Es importante resaltar la importancia de conocer el efecto del extracto de ají sobre el consumo ya que podría utilizarse en momentos donde nos interesa que el animal tenga un mayor consumo, por ejemplo, en el caso del destete precoz a corral un mayor consumo podría ayudar a acelerar el desarrollo ruminal.

En otro experimento realizado por Fandiño et al. (2008), también se utilizó extracto de ají sobre vaquillonas Holando alimentadas con una dieta alta en concentrados a una dosis de 500 mg/d que se comparó con un tratamiento de 238 mg/d de monensina. La monensina redujo los AGV, redujo la producción de acetato aumentando la de propionato, disminuyó el nitrógeno amoniacal y aumentó el pH. El extracto de ají al igual que en el trabajo presentado anteriormente (Rodríguez-Prado et al., 2012) aumentó el consumo en un 12,1%, no teniendo efecto sobre el pH ni sobre el N amoniacal.

Oh et al. (2018) utilizaron una mezcla de aceites esenciales comparándola con monensina y sus efectos sobre ácidos grasos de la leche, movilización de grasas, y células sanguíneas en vacas Holando $676 \pm 75,8$ kg PV. El experimento duró nueve semanas y la alimentación se basó en una dieta alta en concentrados. Los fitonutrientes eran extractos de ají, eugenol y cinnamaldehído. La ingesta y producción de leche no se vieron afectadas por el tratamiento. Tampoco fueron afectadas por el tratamiento la composición de la leche, perfil de ácidos grasos, ni la concentración de ácidos grasos esterificados en sangre.

Torres et al. (2021) realizaron un meta-análisis evaluando los efectos de los aceites esenciales como sustitutos de la monensina en dietas de ganado de carne, sobre el consumo de alimento, performance, características de la carcasa y parámetros de fermentación ruminal. Este procesamiento incluyó el análisis de datos de 10 experimentos con un total de 27 tratamientos, en los cuales se utilizaron dietas altas en concentrados (70% a 90%). Se encontró que la sustitución de monensina por aceites esenciales no tuvo efecto sobre la producción de metano, los valores de pH ruminal, las ganancias medias diarias, las eficiencias de conversión de alimento ni el peso de carcasa, por lo que se podría decir que no se encontraron diferencias en la performance. A pesar de esto sí se observó un aumento en la ocurrencia de abscesos hepáticos (que podrían ser causados por un menor pH ruminal), lo que muestra que los aceites esenciales no son eficaces como la monensina en la protección del hígado.

2. 4 LEVADURAS.

2. 4. 1 Aspectos generales.

Las levaduras son una de las alternativas empleadas como probióticos en la nutrición animal. Los probióticos son microorganismos vivos, que, al ser incluidos en la dieta, benefician a los animales hospedadores mejorando el equilibrio microbiano del tubo digestivo (Mc Donald et al., citados por Michelini et al., 2009).

Dentro de las levaduras la principal cepa estudiada y utilizada en la alimentación de rumiantes es *Saccharomyces cerevisiae*. Esta se trata de un subproducto de la producción de alcohol que a su vez constituye una valiosa fuente de proteínas y vitaminas para la alimentación animal (Suárez-Machín y Guevara-Rodríguez, 2018).

A nivel comercial se utilizan levaduras en tres estados distintos: levadura viva desecada, levadura activada e hidrolizada y levadura inactivada.

En el caso de levadura viva desecada, se busca obtener una concentración de células vivas lo más alta posible, estos cultivos de levaduras aportan enzimas y otros metabolitos que son los responsables de los efectos positivos en el animal (Suárez-Machín y Guevara-Rodríguez, 2018). Las levaduras vivas actúan dentro del rumen del animal transformando los carbohidratos allí presentes en azúcares simples, como la glucosa, las cuales se utilizan para distintos procesos biológicos, estos procesos tienen como resultado la producción de dióxido de carbono, alcoholes, ácidos orgánicos, péptidos y aminoácidos, los cuales son posteriormente absorbidos por el animal mejorando la performance productiva (Arm & Hammer Animal and Food Production, 2016).

Por otro lado, las levaduras también pueden ser suministradas en forma activa e hidrolizadas enzimáticamente. Este proceso busca dejar disponible ciertos compuestos de la pared celular los cuales naturalmente estarían muy poco disponibles en el rumen, debido a que las enzimas necesarias para extraerlos se encuentran en baja concentración en el tracto digestivo de los bovinos. En la figura 2 se detalla lo mencionado anteriormente.

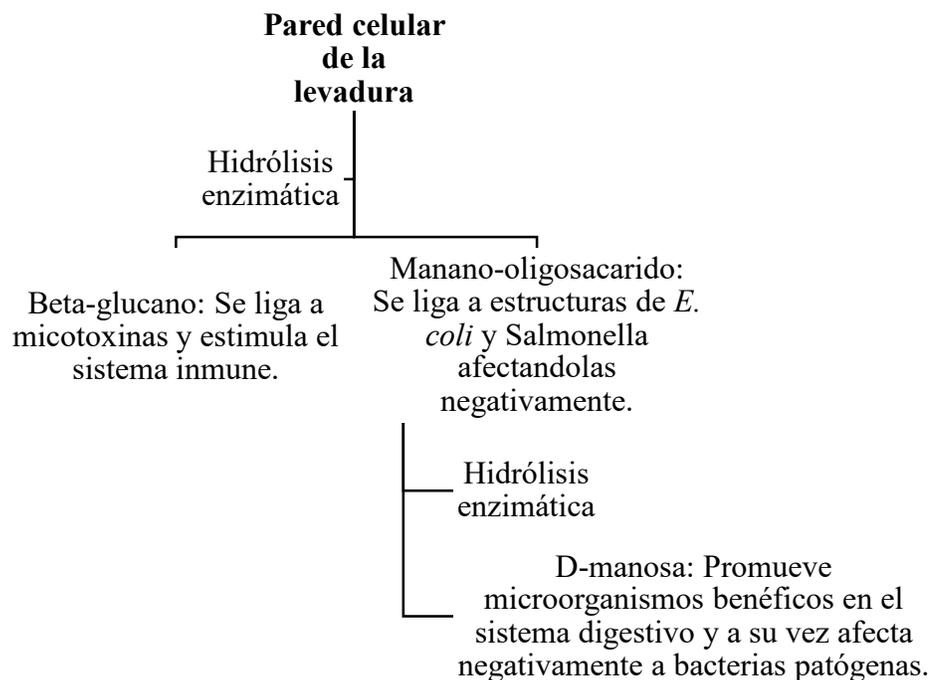


Figura 2: Productos de hidrólisis de la pared celular de levadura y sus efectos a nivel ruminal.

Fuente: elaborado con base en Arm & Hammer Animal and Food Production, 2016.

Un tercer modo de inclusión de levaduras en la dieta es mediante la forma inactivada de las mismas, proceso que se hace mediante la aplicación de calor. Este tipo de productos son fuentes de proteína, vitaminas y ácidos orgánicos. En este caso la cantidad de células vivas por gramo de levadura es baja y su potencial de acción es menor, teniendo su inclusión otros objetivos como lo puede ser el aumento de la palatabilidad de los alimentos (García, 2004).

2. 4. 2 Mecanismos de acción.

Experimentos *in vitro* han demostrado, que, al agregar levadura viva al fluido ruminal, la presencia de oxígeno se reduce entre 46 y 89%. Esto ocasiona cambios a nivel de los microorganismos del rumen provocando que estos experimenten un aumento cercano al 30%, este cambio conduce a una mejor utilización de los alimentos, aumentando la producción de energía y proteína microbiana. (Newbold et al., 1998).

También se han registrado efectos de la utilización de levaduras vivas sobre las poblaciones de bacterias consumidoras de lactato (*Megaspharera elsedenii* y *Selenomonas ruminantium*), éstas se ven estimuladas de forma selectiva, lo que se traduce en una reducción de la presencia de ácido láctico, evitando de esta forma caídas muy pronunciadas del pH ruminal (Marrero citado por Suárez-Machín y Guevara-Rodríguez,

2018). El mecanismo por el cual las levaduras logran seleccionar poblaciones bacterianas es mediante un fenómeno llamado exclusión competitiva, donde bacterias patógenas se adhieren a la superficie de las levaduras, eliminando estas últimas a los microorganismos patógenos (Machado citado por Suárez-Machín y Guevara-Rodríguez, 2018).

Además de levaduras vivas también existen productos que utilizan una mezcla de levadura hidrolizada, extracto de levadura y cultivo de levadura, como el denominado CELMANAX (Arm & Hammer Animal Nutrition, s.f.). Los compuestos mencionados contienen ácido málico que favorece el crecimiento de *Selenomonas ruminantium*, la cual es capaz de metabolizar el lactato hasta propionato, generando estabilidad en el pH ruminal, y aporta nutrientes que estimulan el crecimiento de la microflora ruminal (Carro y Ranilla, citado por Herrera et al., 2010), lo que aumenta el flujo de proteína microbiana hacia el intestino (Van Vuuren citado por Herrera et al., 2010).

2.4.3 Principales resultados de la utilización de levaduras como aditivo nutricional en rumiantes.

El foco de los estudios acerca de las levaduras, como aditivo nutricional de las dietas concentradas, está en cómo éstas afectan parámetros como la ganancia media diaria, consumo de materia seca, pH ruminal, concentración de ácidos grasos volátiles en rumen, incidencia de enfermedades respiratorias y niveles de cortisol.

En cuanto a la ganancia media diaria y consumo de materia seca, algunos experimentos como el de Schubach et al. (2017), en el cual midieron el efecto sobre novillos de una dieta altamente concentrada basada en maíz con el agregado de Celmanax, que se constituye de una mezcla de componentes de levadura, levadura hidrolizada, extracto de levadura y cultivo de levadura; a razón de 14 g/d, contra un tratamiento control sin el agregado del aditivo, reportaron no haber diferencias entre el tratamiento control y tratamiento conteniendo levaduras como aditivo. De todas formas, los experimentos donde sí se ven mejoras en el parámetro ganancia diaria son la mayoría y en cuanto al consumo de materia seca los resultados difieren en los distintos experimentos como se verá a continuación.

Ponce et al. (2012) reportaron, en su experimento evaluando 237 vaquillonas, alimentadas con una dieta 65% concentrado, un aumento en las ganancias medias diarias cuando se utilizaron levaduras como aditivo de la dieta a razón de 1,8 g/d de Celmanax. El aumento en la ganancia media diaria respecto a un testigo sin levaduras fue atribuido a un mayor consumo de materia seca resultando en que no se presentaran diferencias en cuanto a la eficiencia de conversión entre el tratamiento control y el tratamiento con levaduras. La ganancia media diaria de los animales del tratamiento con levaduras fueron 0,11 kg superiores a las del tratamiento control (8,7%).

Por otra parte, Salinas-Chavira et al. (2017) también registraron mejoras en la ganancia media diaria de los animales suplementados con una dieta basada en steam flaked de maíz que presentaba levaduras como aditivo (Celmanax), en este caso el experimento se realizó con 168 novillos. Nuevamente el aumento en la ganancia media

diaria fue el resultado de un aumento en el consumo de materia seca por parte de los animales que consumían suplemento con inclusión de levaduras, por lo que la eficiencia de conversión no se vio modificada por la adición de levaduras al suplemento.

Arm & Hammer Animal and Food Production (s.f.b), obtuvieron resultados algo distintos a los mencionados anteriormente tanto en novillos como en vaquillonas. Al igual que en los experimentos anteriores, los animales del tratamiento con levaduras (Celmanax) como aditivo en la dieta también basada en steam flaked de maíz, presentó mayor ganancia media diaria de peso, pero no hubo diferencias en cuanto al consumo de materia seca por lo que, el aumento en la ganancia media diaria resultó en una mejor eficiencia de conversión por parte de los animales que pertenecían al tratamiento con levaduras.

La disminución del pH ruminal se debe a la acumulación de ácidos grasos volátiles (AGV) acompañada por un desequilibrio en sus proporciones y además a la acumulación de ácido láctico (Nocek, 1997). Esto es lo que sucede usualmente cuando se utilizan dietas con alta proporción de concentrados los cuales por lo general son altamente fermentables.

Según Aldrovandi (2015), el aditivo de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) inactivadas mostró efectos moderadores sobre el pH. Molina y Paz (2011) también registraron los mismos efectos de las levaduras inactivas sobre el pH, estos últimos realizaron estudios *in vitro* donde generaban un ambiente de acidosis y agregaban levaduras inactivadas a diferentes dosis, 3, 9 y 15 % de la materia seca respecto al sustrato total (alimento más aditivo = 500 mg). Los resultados obtenidos demostraron que las levaduras mantenían el pH estable hasta 12 horas luego de comenzada la fermentación *in vitro*.

Uno de los mecanismos mediante el cual las levaduras logran moderar los cambios en el pH a nivel ruminal es mediante la prevención de la acumulación de ácido láctico, esto se logra mediante la competencia por glucosa que impone a las bacterias productoras de ácido láctico (*Streptococcus bovis*) y también mediante la estimulación de las bacterias consumidoras de ácido láctico (*Megasphaera elsdenii*) (Denev et al., 2007).

Por otra parte, Ponce et al. (2012), Schubach et al. (2017) y Arm & Hammer (s.f.a), reportaron menor incidencia de enfermedades respiratorias en los animales que fueron sometidos al tratamiento con levaduras, en comparación con el control. Cuantitativamente estas diferencias se ubicaron entre 60 – 100 %.

Otro parámetro importante donde las levaduras han mostrado resultados positivos es en los niveles de cortisol, los cuales, cuando evaluados bajo dos circunstancias diferentes, 30 – 60 días post-destete y luego de someter a los animales a un traslado en camión, se mostraron inferiores en los animales que consumían una dieta que contenía levaduras como aditivo nutricional frente a animales del tratamiento control que consumían una dieta sin el aditivo mencionado (Arm & Hammer Animal and Food Production, s.f.a).

De acuerdo con Desnoyers et al. (2009), existe una correlación positiva entre el efecto que generan las levaduras a nivel ruminal y el nivel de concentrado que contiene la dieta. Esto es así debido a que dietas altas en concentrado generan el ambiente ruminal propicio para potenciar la acción de las levaduras.

En síntesis, la utilización de levaduras como aditivo nutricional aumenta el pH ruminal, incrementa la concentración de ácidos grasos y disminuye la cantidad de ácido láctico. Esto se traduce en un ambiente ruminal más estable y eficiente, lo que conlleva a un aumento de la digestibilidad de la materia orgánica y por lo general un aumento en el consumo de materia seca (Desnoyers et al., 2009).

2.5 HIPÓTESIS.

La sustitución de la monensina sódica como aditivo por una fuente de aceites esenciales (mezcla de extracto de canela, clavo de olor y ají picante) o por un cultivo de levaduras (Celmanax) no afecta la performance animal o el pH ruminal de terneros.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL.

El trabajo experimental fue realizado en la Estación Experimental “Dr. Mario Alberto Cassinoni” (EEMAC), Facultad de Agronomía, ubicada en el litoral noroeste del Uruguay en el departamento de Paysandú. La actividad se llevó a cabo en los corrales de encierro de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC), comenzando el 15 de enero y finalizando el 12 de marzo de 2021.

3.2 CLIMA.

El clima durante el período experimental se caracterizó por temperaturas medias en torno a 24°C, el promedio de máximas fue de 30,3 °C y el de mínimas de 17,9 °C. Las lluvias acumuladas en el periodo experimental fueron de 155mm (información recabada de la Estación Meteorológica de la EEMAC).

3.3 INFRAESTRUCTURA.

El experimento se realizó en 24 corrales para la estabulación individual (15 m²) separados entre sí por piolín eléctrico, semi techados para brindar sombra a los animales, y con piso de balastro. Cada uno contaba con su comedero y bebedero de material plástico. Para el registro de altura de anca y peso de los animales se utilizaron los corrales de la UPIC, próximos a los corrales de confinamiento, en donde también se realizó el manejo sanitario.

3.4 ALIMENTOS.

Se formularon tres dietas totalmente mezcladas con una ración de destete precoz comercial (Terberos 1, Copagran) y heno de alfalfa en una relación 80/20, difiriendo entre ellas el núcleo utilizado, el cual incluyó monensina (MON), levaduras (LEV) o aceites esenciales (AE), el cual era agregado manualmente a la dieta al momento de ser suministrada. En el cuadro número 2 se detalla la composición química de los componentes de la dieta y su contribución al total en base seca.

Cuadro N° 2: Composición química de los componentes de la dieta y de la dieta suministrada (base seca).

	Ración comercial	Fardo de alfalfa	Dieta
MS% base fresca	92,36	91,91	92,27
Cenizas %	4,33	9,26	5,32
Proteína cruda (N x 6,25) %	19,85	14,67	18,81
aFDNmo %	36,57	43,92	38,04
FDAmo %	12,39	32,02	16,32
Lignina %	3,32	-	-
EM (Mcal/kg)	3,0	-	-

aFDNmo%: fibra detergente neutro con amilasa y corregida por cenizas. FDAmo%: fibra detergente ácido corregida por cenizas.

En el cuadro 3 se describen los núcleos, los cuales fueron suministrados a razón de 500 g/día. Como fuente de monensina se utilizó un producto genérico denominado Monensin 20 Premix. Para la fuente de aceites esenciales fue utilizado un producto denominado XTRACT Rumiant el cual se trata de una mezcla de 9,4% eugenol, 5,4% cinamaldehído y 3,5% de aceite de capsicum. En el caso de levadura la fuente utilizada fue Celmanax que se trata de un producto a base de cultivo de levadura, extracto de levadura y levadura hidrolizada.

Cuadro N° 3: Descripción de núcleos experimentales.

Tratamiento	Dosis núcleo (g/día)	Características núcleo
Aceites esenciales	500	0,7 g de una fuente de aceites esenciales + vitaminas, minerales y vehículo
Monensina	500	0,5 g de Monensina sódica al 20% + vitaminas, minerales y vehículo
Levaduras	500	1 g de una fuente de levaduras + vitaminas, minerales y vehículo

En el cuadro N° 4 se detalla la composición en cuanto a ingredientes de los núcleos utilizados.

Cuadro N° 4: Composición de núcleos experimentales.

Ingrediente (%)	Monensina	Celmanax	Aceite esencial
Fuente de monensina (20% monensina)	0,25	0,00	0,00
Celmanax	0,00	0,50	0,00
Aceites esenciales*	0,00	0,00	0,35
Urea	10,00	10,00	10,00
Insalmix feedlot	1,25	1,25	1,25
Carbonato de calcio	66,25	66,25	66,25
Sal común NaCl	7,50	7,50	7,50
Fosfato bicálcico	14,75	14,50	14,65

*Aceites esenciales compuestos por mezcla de: extracto de canela, clavo de olor y ají picante.

3. 5 ANIMALES.

Se utilizaron 24 terneras, de la raza Hereford pertenecientes al rodeo experimental de la E.E.M.A.C. Las mismas nacieron en la primavera del 2020 y fueron destetadas precozmente el 2 de enero del 2021 con una edad promedio de 68 ± 12 días y $80,1 \pm 10,1$ kg de PV.

3. 6 TRATAMIENTOS.

Los animales fueron asignados al azar previa estratificación por peso vivo a una de las tres dietas experimentales y alimentados en régimen de confinamiento. A su vez, los mismos se alojaron en los corrales individuales ordenados por tratamiento, considerándose al animal como unidad experimental. Todas las dietas fueron ofrecidas *ad libitum*.

3. 7 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

Posterior a su destete y previo al comienzo del experimento el manejo realizado fue el de transición de los terneras a la dieta sólida, según protocolo descrito por Simeone y Beretta (2002). El mismo se llevó a cabo durante 13 días en los corrales de la EEMAC, todas las terneras juntas. Al final de esta transición el consumo promedio de los animales era de 2,6% del PV con una relación voluminoso concentrado 20/80. Posterior a dicha

etapa los animales fueron separados primero por tratamiento y luego día a día hasta encontrarse cada uno en un corral individual, este proceso duró 5 días y durante el mismo el alimento ofrecido se mantuvo constante. Luego de encontrarse los animales en corrales individuales se procedió a lograr un consumo *ad libitum*, este procedimiento se detalla en el punto 3.7. 1.

3. 7. 1 Periodo experimental.

Durante el experimento la alimentación se distribuyó en dos comidas por día, a las 7:00 y 16:00 horas. Todos los ingredientes (heno, ración y núcleo) eran pesados individualmente y para cada ternera previo al suministro. La disponibilidad de agua limpia y fresca fue constante para los animales. La ración, el heno y el núcleo se mezclaban manualmente previo a su suministro a los animales

Diariamente, previo a la alimentación matutina era pesado el rechazo de lo ofrecido el día anterior, con el objetivo de cuantificar el consumo de materia seca y ajustar la oferta para que la alimentación fuera *ad libitum*. Si el rechazo era menor al 10% de lo ofrecido se suministraba un 5% más de alimento, en caso contrario lo ofrecido no se modificaba.

3. 7. 2 Manejo sanitario.

Cinco días posteriores al inicio del acostumbramiento se comenzó el tratamiento sanitario, se dosificó vacunas indicadas para queratoconjuntivitis y clostridiosis. Dos días después se aplicó Neumosán, indicada para la prevención de enfermedades respiratorias, y vacuna contra Carbunco. Durante el transcurso del experimento, con intervalos de dos semanas, se realizó el tratamiento con polvo oftálmico a los animales que así lo requerían. Para clostridios y enfermedades respiratorias se realizó revacunación a los 21 días.

3. 8 REGISTROS Y MEDICIONES.

3. 8. 1 Altura del anca y peso vivo.

Se midió la altura del anca de los animales al inicio y final de experimento, al momento del pesaje de los mismos. Para dicha medición se utilizó una regla centimetrada. Fue registrado el peso vivo individual al inicio del experimento (15/01/2021) y luego cada 14 días. Las pesadas se realizaron con balanza electrónica (con capacidad 2000 kg y precisión de 0,5 kg), sin ayuno previo, y antes de la primera comida. Luego de cada pesada los animales eran devueltos a los corrales correspondientes al tratamiento del cual formaban parte.

3. 8. 2 Consumo de materia seca.

El alimento ofrecido y el rechazo fueron pesados para cada animal todos los días, de manera de poder estimar el consumo de materia seca (CMS) a partir de la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado. Los ingredientes de la RTM (heno, concentrado

y núcleo) y los rechazos fueron muestreados cada 21 días para la determinación del contenido de MS. Las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado durante 48 hs a 60° C, luego molidas y conservadas para posterior análisis químico.

3. 8. 3 Comportamiento animal.

Se caracterizó el comportamiento animal a través de la observación directa durante el periodo de horas luz (7:00 a 19:00hs.), registrando cada 10 minutos la actividad que realizaba cada animal: consumo de alimento, consumo de agua, rumia o descanso.

El registro se realizó en los 24 animales del experimento, en tres momentos - semana 2, 6 y 8 del periodo experimental – y durante dos días consecutivos en cada una de estas semanas.

3. 8. 4 Patrón de actividad de consumo.

El patrón de consumo fue caracterizado en las mismas semanas de evaluación de comportamiento animal, en el día posterior a los dos días asignados para la medición de comportamiento. Se ofrecieron dos comidas diarias (tal y como se realizaba habitualmente) registrándose además cada una hora peso del alimento disponible en el comedero. Este procedimiento se realizó entre las 8:00 y las 19:00 h, culminando con el peso del rechazo a la mañana siguiente.

3. 8. 5 pH.

Se realizaron tres mediciones de pH del líquido ruminal previo al primer suministro de comida del día, dichas mediciones fueron efectuadas el primer día (viernes) de las semanas 2, 7 y 8 del periodo experimental. El líquido ruminal se extrajo mediante sonda, introduciendo al rumen, a través de la boca, un conducto de plástico flexible que poseía en su extremo un filtro de cobre (material recomendado para este procedimiento debido a que no afecta el ambiente ruminal), con el fin de que sólidos no se introduzcan al conducto y que sirva como guía para llegar hasta la zona donde se encuentra el líquido ruminal. Mediante la succión con una jeringa se extraía el líquido el cual se recogía en un recipiente plástico, se filtraba a través de una tela de queso, para luego medir su pH con un peachímetro portátil.

3. 8. 6 Frecuencia respiratoria.

La medición de frecuencias respiratorias en los animales fue realizada a las 09:00 y 16:00 hs en las mismas semanas y días que el patrón de consumo, mediante apreciación visual se contabilizaban el número de respiraciones por minuto de los animales.

3. 9 VARIABLES CALCULADAS.

3. 9. 1 Ganancia media diaria.

La ganancia media diaria a lo largo del experimento se estimó a través de la pendiente de la recta obtenida al hacer regresión lineal del peso vivo sobre los días experimentales.

3. 9. 2 Eficiencia de conversión.

La eficiencia de conversión fue calculada para cada animal como el cociente entre el consumo de materia seca promedio y la ganancia media diaria $EC = \text{kg de alimento consumido} / \text{ganancia media diaria (kg/día)}$.

3. 9. 3 Patrón de CMS.

Se pesó el contenido del comedero en intervalos de una hora y la diferencia obtenida de estos pesajes resulto en el CMS horario por animal.

3. 10 ANÁLISIS QUÍMICO.

Para el análisis químico de los alimentos se tomaron muestras individuales de fardo y la ración comercial en diferentes momentos del periodo experimental, las cuales contribuyeron de igual forma a la muestra compuesta para posterior análisis.

Los análisis realizados fueron de composición de materia seca, cenizas, proteína cruda, lignina, fibra detergente neutro con amilasa y corregida por cenizas y fibra detergente ácido corregida por cenizas.

La ceniza es el residuo inorgánico de una muestra incinerada a 600 °C (Thiex et al. 2012).

Para la determinación del nitrógeno total fue utilizado el método Kjeldhal. El principio básico es la conversión del N de las sustancias nitrogenadas en amonio por medio de una digestión en caliente con ácido sulfúrico concentrado. Para convertir el N en proteína en los materiales vegetales se utiliza el factor 6,25 (Thiex et al. 2012).

Los contenidos de FDN y FDA fueron determinados con tecnología Ankom (Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corporation, Fairport, N.Y) de forma secuencial (Van Soest, 1994).

3. 11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

El experimento fue analizado según un diseño de parcelas al azar de acuerdo al siguiente modelo general, se utilizó el paquete SAS difiriendo en el procedimiento según el tipo de variable analizada.

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

Donde,

Y_{ij} = variable de respuesta (Peso vivo, eficiencia de conversión, altura).

μ = media.

α_i = efecto del i-ésimo tratamiento ($t = 3$).

β = coeficiente de regresión asociado a la covariable peso o altura de inicio.

ϵ_{ij} = error experimental.

La ganancia diaria de peso vivo se estudió utilizando el procedimiento MIXED, según un modelo lineal mixto de heterogeneidad de pendientes de peso vivo en función del tiempo, teniendo en cuenta la autocorrelación entre las medias repetidas de peso vivo.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}..) + \epsilon_{ij} + M_k + (\alpha M)_{ik} + \delta_{ijk}$$

Donde,

Y_{ijk} : ganancia de peso (kg/día).

μ : media poblacional (ganancia promedio).

α_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.

$(\alpha M)_{ik}$: 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.

Las variables de respuesta que están asociadas al consumo de alimento y pH se analizaron utilizando el procedimiento MIXED en base al modelo general:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij} + M_k + (\alpha M)_{ik} + \delta_{ijk}$$

Dónde:

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

μ : media general.

α_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} : es el error de la medida repetida en el tiempo.

Las variables de comportamiento animal fueron analizadas utilizando el procesamiento GLIMMIX de acuerdo al siguiente modelo estadístico:

$$\ln(P/(1-P)) = \mu + \alpha_i + S_j + D_k + (\alpha S)_{ij} + (\alpha D)_{ik}$$

Donde,

P: probabilidad de ocurrencia de la actividad.

μ : media poblacional.

α_i : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=2).

S_j : efecto relativo de la semana en que se realizó la medición.

D_k : efecto relativo del día en que se realizó la medición.

$(\alpha S)_{ij}$: efecto relativo de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y la j-ésima semana de medición.

$(\alpha D)_{ik}$: efecto relativo de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el k-ésimo día de medición.

Las medias fueron comparadas mediante Tukey. Se consideraron diferencias significativas cuando p-valor fue menor a 0,05, y tendencia cuando p-valor se ubicó entre 0,05 y 0,1.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS.

En el cuadro N° 5 se detallan medias mensuales de temperatura, temperaturas máximas, mínimas, índices de temperatura y humedad (ITH) y precipitaciones durante el periodo experimental.

Cuadro N° 5: Características climáticas durante el período experimental.

Variable	Enero	Febrero	Marzo
Temperatura media (°C)	25	23	21
Temperatura máxima (°C)	36	33	32
Temperatura mínima (°C)	14	12	10
ITH Promedio	73	71	69
ITH (07:30 - 13:00)	73	72	70
ITH (13:30 - 19:00)	77	77	73
Precipitación (mm)	116,6	38,4	17,4

Los rumiantes son animales homeotermos, es decir, tienen la habilidad de controlar su temperatura corporal dentro de un ajustado margen a través de diferentes procesos fisiológicos (Bianca, 1968 citado por Arias et al., 2008).

En el corral la eficiencia productiva se beneficia cuando se realiza sobre suelos secos, bien drenados y en ambientes templados. El barro permanente en los corrales, el viento persistente y la lluvia recurrente incrementan los requerimientos de mantenimiento (Pordomingo, 2003).

A partir de lo visto en el cuadro N° 5 se observan temperaturas medias elevadas correspondientes a la época del año en la cual se realizó el experimento. Las temperaturas máximas fueron muy elevadas por lo cual es muy probable que los animales hayan estado expuestos a condiciones de estrés por calor en al menos parte del día. En respuesta a altas temperaturas y humedad relativa, los animales tienden a presentar una disminución del consumo, disminución del tiempo de rumia, aumento en el consumo de agua y jadeo. Esto se puede confirmar debido a que, en horas de la tarde, como se puede observar en el cuadro N° 1 del anexo, tanto en enero como en febrero el ITH se ubicó en valores que indican alerta para animales de carne ($ITH \geq 75$) (INTA, 2016).

Las precipitaciones en el periodo experimental no significaron un problema. En el mes de enero fue donde se registraron las mayores precipitaciones, sin embargo, a nivel del corral no se vieron problemas, dado la época del año y la elevada demanda atmosférica el suelo secó rápido y no surgieron problemas de exceso de barro.

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA.

Cuantitativamente la dieta diaria de los animales se compuso por 80% ración y 20% fardo, resultando en una composición química de la dieta que fue detallada anteriormente en el cuadro N° 2.

Una de las características que debe cumplir la dieta para la aplicación de esta tecnología (DPC) es contar con un alto nivel de proteína que logre cubrir los requerimientos de esta categoría tan exigente (16% PC) (Simeone y Beretta, 2002). Luego de realizado los análisis se observa que efectivamente se cumplió con estos requerimientos.

Dadas las características del alimento, con alto porcentaje de concentrado, la dieta suministrada era altamente fermentable y por lo tanto predispondría a bajos niveles de pH ruminal (Couderc, 2007), lo que podría generar un ambiente propicio para que los aditivos expresen su potencial regulador en este aspecto.

4.3 PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA.

En el cuadro N° 6 puede observarse que, tal y como se buscaba al momento de asignar los animales a los distintos tratamientos, no hubo diferencias en el peso inicial. En el peso final, el tratamiento de levaduras (LEV) fue significativamente mayor ($P=0,01$) al de los aceites esenciales (AE), pero no difirió de la monensina (MON) ($P>0,05$). Entre MON y AE tampoco se observaron diferencias significativas ($P>0,05$).

Cuadro N° 6: Efecto tipo de aditivo utilizado en raciones concentradas suministradas a terneros de destete precoz alimentados a corral sobre variables de crecimiento posdestete.

	Aditivos			P - valor
	AE	LEV	MON	
Peso vivo inicial (kg)	87 ($\pm 4,4$)	85 ($\pm 4,7$)	86 ($\pm 4,4$)	0,967
Peso vivo final (kg)	134 ^b ($\pm 3,4$)	148 ^a ($\pm 3,4$)	142 ^{ab} ($\pm 3,6$)	0,013
Altura final (cm)	94 ($\pm 1,26$)	97 ($\pm 1,35$)	96 ($\pm 1,26$)	0,208
GMD (kg/día)	0,846 ^b ($\pm 0,066$)	1,125 ^a ($\pm 0,07$)	0,997 ^{ab} ($\pm 0,066$)	0,018

¹AE: Aceites esenciales. LEV: Levaduras. MON: Monensina.

²Valores entre paréntesis refieren al error estándar.

Medidas en la misma línea seguidas de letras diferentes expresan diferencia significativa $P<0,05$.

Con respecto a la altura de los animales, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos tanto al inicio ($P>0,05$) como al final del experimento, lo que indica que los diferentes aditivos no tuvieron influencia en esta variable.

En la figura 3 se presenta la evolución del peso vivo de los animales durante el experimento.

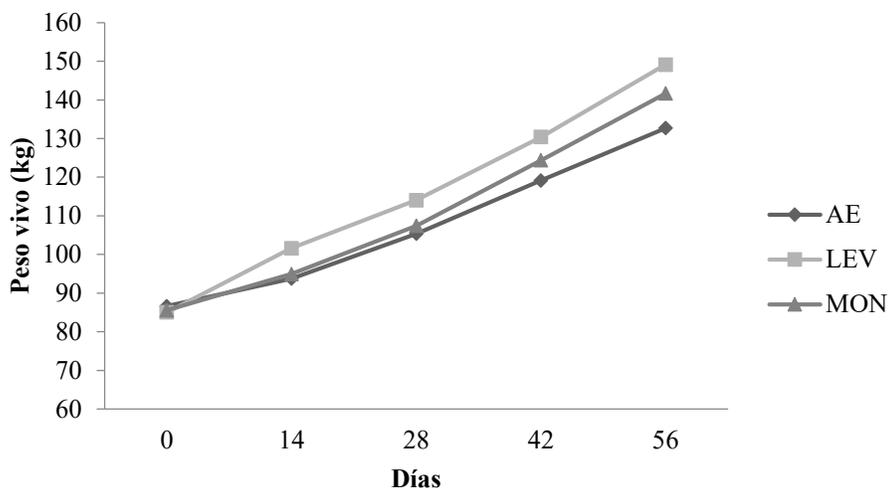


Figura N° 3: Efecto de la sustitución de monensina (MON) por levaduras (LEV) o aceites esenciales (AE) sobre la evolución de peso vivo de terneras destetadas precozmente y alimentadas a corral con dietas concentradas.

A los 14 días de iniciado el periodo experimental, el tratamiento LEV difirió en peso vivo de forma significativa con los tratamientos que utilizaron MON y AE ($P<0,05$). A su vez, estos dos últimos no difirieron entre ellos. Esta respuesta estaría indicando una mayor tasa de crecimiento inicial de los animales pertenecientes a LEV dado que todos los animales comenzaron el experimento sin diferencias en el peso vivo; lo cual podría sugerir una adaptación más rápida al alimento concentrado por parte de los mismos.

En la variable ganancia media diaria (GMD) promedio para todo el periodo experimental, se identificó una diferencia significativa entre los tratamientos ($P<0,05$). Las terneras que recibieron LEV presentaron una GMD significativamente mayor que aquellas con AE ($P<0,05$). Por su parte MON tendió a ser significativamente mayor que AE ($P=0,1$), sin mostrar diferencias estadísticas con LEV ($P>0,1$).

Resultados diferentes a los presentados anteriormente surgen en un meta-análisis realizado por Torres et al. (2021) donde se analizaron datos de diferentes experimentos que estudiaron la sustitución de MON por AE con un total de 27 tratamientos que involucraron a más de 1000 animales, no hallando diferencias en la GMD ni en el peso final de los animales.

Experimentos evaluando LEV contra MON obtuvieron resultados similares a los descritos en el presente trabajo. Arm & Hammer (s.f.b) reportó un experimento sobre 80 novillos de 235 kg PV a los que se les suministró una dieta alta en concentrados (30:70 voluminoso/concentrado) con cuatro tratamientos, un tratamiento control (con monensina) y tres tratamientos a los que se les suministro una dieta con agregado de Celmanax a diferentes dosis (1, 2 y 3 gramos/animal/día). Los resultados no mostraron diferencia significativa en ganancia media diaria. También Zaragoza et al. (2001) realizaron un experimento sobre 27 vaquillonas Holando con un promedio de 180 kg PV a las que se le suministraron, en un tratamiento dosis de 10 g/d/animal de un cultivo microbiano de *Saccharomyces cerevisiae* y en el otro rumensin a razón de 0,03 g por kg MS, sobre una dieta alta en concentrado (33:67 voluminoso/concentrado). Los resultados obtenidos en este experimento coinciden con los mencionados anteriormente, sin diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos en cuanto a GMD.

4.4 CONSUMO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN.

En el cuadro N° 7 se detallan las variables CMS expresada en términos de kg/d y como porcentaje de peso vivo (%PV) y EC. A su vez, se puede observar el análisis estadístico donde se detalla el efecto tratamiento, semana e interacciones tratamiento por semana (T × S) y tratamiento por día (T × D) de las variables estudiadas.

Cuadro N° 7: Efecto de los aditivos sobre variables posdestete de consumo de MS y eficiencia de conversión en terneros de destete precoz.

Variable	Tratamientos			P - valor			
	AE	LEV	MON	T	S	T x S	T x D (S)
CMS, kg/d	3,56	4,15	3,83	0,310	<0,0001	<0,0001	0,586
CMS, %PV	3,20 ^b	3,64 ^a	3,42 ^{ab}	0,086	<0,0001	<0,0001	0,649
EC	4,26	3,79	3,83	0,069	-	-	-

T: Tratamiento. S: Semana. D(S): Días dentro de la semana. Medidas en la misma línea seguidas de letras diferentes expresan diferencia significativa $P < 0,05$.

Los animales fueron efectivamente alimentados *ad libitum*, esto se puede afirmar dado que el promedio de rechazo de los tratamientos durante el experimento fueron 19%, 14%, 15% para AE, LEV y MON respectivamente, siendo este rechazo significativamente diferente entre los tratamientos de AE y LEV ($P < 0,05$), los cuales no se diferenciaron del tratamiento con MON que presentó un comportamiento intermedio ($P > 0,10$).

No se observó un efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento (kg/día) ($P > 0,10$). En cambio, el CMS expresado como porcentaje del peso vivo mostró una tendencia ($P = 0,09$) a variar con el tratamiento, observándose mayor CMS para el tratamiento LEV respecto a AE ($P < 0,10$), sin diferir ninguno de los dos con el tratamiento MON ($P > 0,10$). Arm & Hammer Animal and Food Production (s.f.b) tampoco hallaron diferencias en el consumo de materia seca entre animales que recibieron LEV o MON.

En cuanto a AE los resultados sobre su efecto en el consumo, publicados por diversas fuentes bibliográficas son variables, dependiendo de los tipos de AE utilizados y de la dosis a la cual se suministraron los mismos. Geraci et al. (2012) no encontraron diferencias en el consumo cuando suministraron una mezcla de extractos de canela y clavo de olor a razón de 266 mg/animal/día, esta mezcla contenía cinamaldehído y eugenol a una concentración de 170 g/kg y 280 g/kg respectivamente, contra un tratamiento testigo con MON. Mientras que Cardozo et al. (2006) encontraron un aumento en el consumo de materia seca con el agregado de aceite de capiscum (1g/d), cinamaldehído (0,6g/d) y eugenol (0,3g/d).

La respuesta diferencial en el consumo entre el tratamiento LEV y AE fue dependiente de la semana de alimentación, al detectarse una interacción significativa tratamiento por semana ($T \times S$, $P < 0,05$). En la figura 3 puede observarse que el mayor consumo se dio específicamente en la semana 6, en la cual LEV presentó un consumo significativamente más alto (4,46 %PV) que AE (3,69 %PV), no diferenciándose significativamente el tratamiento MON (4,04 %PV), ni observándose diferencias en las restantes semanas. El consumo (%PV) entre semanas y entre los días dentro de cada semana si fue diferente, tal y como era de esperarse, éste presentó un progresivo aumento con el transcurso del tiempo, para los tres tratamientos, el cual estaría explicado por el desarrollo ruminal y el crecimiento de los animales.

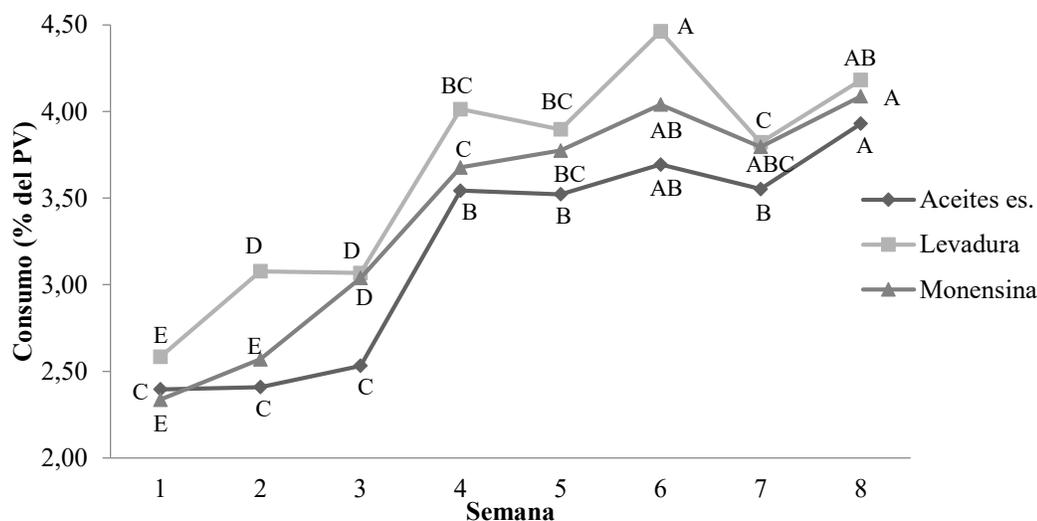


Figura N° 4: Efecto de la sustitución de monensina por levaduras o aceites esenciales, sobre la evolución semanal del consumo de materia seca (expresado como porcentaje del peso vivo) en terneras destetadas precozmente a corral bajo una dieta alta en concentrados.

*Medias dentro de tratamiento seguidas de diferente letras difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

De la gráfica surge que los AE presentaron un patrón de consumo (kg/100 kg de peso vivo) entre semanas distintos al de los otros aditivos; mientras que la MON y las LEV tuvieron un aumento más progresivo a lo largo del tiempo, el de AE se mantuvo estable las primeras tres semanas, luego aumentó entre las semanas tres y cuatro, y volvió a mantenerse estable por tres semanas para finalmente volver a aumentar en la octava. Esto podría sugerir que MON y LEV permitieron un desarrollo más rápido del rumen en la alimentación sólida postdestete en comparación con el tratamiento AE. Benchaar et al. (2008), mencionan que los AE pueden mantener estable o disminuir la producción de AGV provocando de esta forma un menor desarrollo ruminal. La disminución de la producción de AGV sería perjudicial para la performance animal, ya que la mayor producción de estos genera un aumento en las tasas de desarrollo de las papilas ruminales (Simeone y Beretta, 2002) lo cual es muy importante en esta etapa donde el animal pasa de ser lactante a tener una alimentación sólida.

La eficiencia de conversión de los distintos tratamientos se presenta en el cuadro N° 6. Si bien no se detectaron diferencias significativas, se observa un efecto de tendencia ($P= 0.069$) del tratamiento sobre ésta variable, observándose una mejor EC para el tratamiento LEV respecto a AE ($P= 0,097$), sin diferencia con MON ($P= 0,979$), que tampoco difirió de AE ($P= 0,123$). El resultado de EC obtenido coincide y ratifica numerosos experimentos en los cuales se compara AE contra MON, en los cuales no se evidencian diferencias significativas (Geraci et al., 2012, Torres et al., 2021).

Los resultados obtenidos en LEV en cuanto al parametro EC se asemejan a los resultados obtenidos por Murillo-Ortiz et al. (2019). Estos autores compararon animales bajo un tratamiento que contenía cultivo levaduras a razón de 10 g/a/d y otro al cual se le suministraba monensina a razón de 40 mg/kgMS, reportando para el grupo que recibió levaduras mayor GMD respecto al que recibió monensina, manteniéndose sin diferencias el CMS, y resultando en una mejor eficiencia de conversión en los animales a los que se les suministro cultivo de levaduras como aditivo nutricional.

4. 5 PATRÓN DE CONSUMO DE MATERIA SECA.

El patrón de consumo de materia seca hace referencia a la cantidad de alimento consumida por los animales en diferentes intervalos del día, donde en este análisis dichos intervalos fueron divididos en mañana (07:00 – 13:00), tarde (13:00 – 19:00) y noche (19:00 – 07:00).

No se registraron efectos de los tratamientos para el consumo diario de materia seca ($P > 0,05$).

Si se registró efecto de las semanas de evaluación, encontrándose diferencias significativas entre las semanas 2, 6 y 8 del experimento ($P < 0,05$), esto se debe a que el consumo fue aumentando con el transcurso del experimento a través de las diferentes semanas.

En el cuadro N° 8 se muestra la distribución del consumo expresada en kg en las diferentes etapas del día dentro de los tratamientos. Los tres tratamientos presentaron un comportamiento similar en cuanto a que en la mañana fue el momento de máximo consumo, por otro lado el comportamiento en la tarde y noche difirió entre los tratamientos. Para el caso de LEV se encontró diferencia significativa entre el consumo de la mañana, tarde y noche ($P < 0,05$) ocurriendo el mínimo consumo en la tarde, en tanto que en AE y MON el consumo de la mañana fue el mayor ($P < 0,05$) y luego disminuyó, pero no se manifestaron diferencias significativas entre el consumo vespertino y nocturno ($P > 0,05$). El menor consumo, diferenciado estadísticamente, en la tarde por parte del tratamiento LEV se puede asociar al estrés calórico que enfrentaban estos animales en este horario, con las consecuencias que esto conlleva (Bianca, 1968 citado por Arias et al., 2008). En la tarde era el único tratamiento al cual le llegaba el sol de forma directa, lo que generaba un gran incremento en su tasa respiratoria en relación a la mañana (ver cuadro 1 anexo).

Cuadro N° 8: Distribución del consumo en kg en las diferentes etapas del día en terneras destetadas precozmente a corral con una dieta alta en concentrados.

	Consumo (kg/a)		
	Mañana	Tarde	Noche
AE	1,801 ^a	0,995 ^b	1,263 ^b
LEV	2,055 ^a	0,945 ^c	1,485 ^b
MON	1,921 ^a	0,948 ^b	1,408 ^b

*Medias dentro de tratamiento seguidas de diferente letras difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

En términos generales cuando se evaluó el efecto del tratamiento asociado a los diferentes intervalos del día (mañana, tarde y noche) no se encontraron diferencias significativas ($P>0,05$).

4. 6 VARIABLES INTERPRETATIVAS.

En el cuadro N° 9 se detallan los resultados obtenidos en cuanto a variables interpretativas medidas al inicio, mitad y final del experimento, semana 2, 6 y 8 respectivamente, como lo son; comportamiento ingestivo, pH y frecuencia respiratoria.

Cuadro N° 9: Efecto de la sustitución de monensina por levadura y aceites esenciales sobre actividades comportamentales, pH ruminal y frecuencia respiratoria (variables medidas en semana 2, 6 y 8), de terneros de destete precoz alimentados con raciones concentradas.

	INICIO			MITAD			FINAL			
	LEV	MON	AE	LEV	MON	AE	LEV	MON	AE	
Actividad ¹ de consumo	0,13 ^{ab}	0,10 ^b	0,17 ^a	0,20 ^a	0,23 ^a	0,22 ^a	0,25 ^a	0,25 ^a	0,22 ^a	
Actividad de rumia	0,15 ^a	0,18 ^a	0,15 ^a	0,11 ^a	0,15 ^a	0,09 ^a	0,16 ^a	0,16 ^a	0,10 ^a	
Actividad de descanso	0,70 ^a	0,69 ^a	0,64 ^a	0,62 ^a	0,58 ^a	0,63 ^a	0,55 ^{ab}	0,54 ^b	0,64 ^a	
pH	6,9	6,8	6,6	7,0	7,2	7,1	6,6	6,9	6,7	
Frec. Respiratoria ²	09:00	63	71	76	83	89	86	83	113	117
	16:00	78	63	79	109	109	109	115	118	126

¹Actividad: Probabilidad de encontrar un animal consumiendo, rumiando o descansando.

²Frec. Respiratoria: Frecuencia respiratoria expresada en respiraciones por minuto, registrada 09:00 h y a las 16:00 h.

Medias en la misma línea y periodo de evaluación seguidas de diferente letras difieren estadísticamente ($P<0,05$).

4. 6. 1 Actividad acceso al comedero.

No se encontró un efecto del tratamiento con respecto al tiempo dedicado al consumo durante todo el experimento ($P>0,05$). Si se presentaron diferencias en el tiempo que dedicaban a consumo debidas a la semana de observación ($P<0,05$), siendo este efecto mayor en la semana seis y ocho que en la semana dos, sin diferencias significativas entre las dos primeras mencionadas ($P>0,05$). Esto puede deberse, entre otras cosas, al mayor desarrollo ruminal que seguramente presentaban los animales en estas últimas semanas. Es posible que la tasa de desarrollo del rumen en los animales del experimento haya sido muy alta debido a que como se expresó anteriormente la dieta alta en concentrados promueve un rápido desarrollo del mismo (Simeone y Beretta, 2002). Este efecto sin

embargo, fue dependiente del tratamiento ($T \times S$, $P < 0,05$) observándose que en la semana dos hubo diferencias significativas debidas al tratamiento; las terneras de AE dedicaron un tiempo mayor al consumo con respecto a los de MON ($P < 0,05$), en tanto LEV no se diferenció de ningún otro. A pesar de que el tratamiento AE presentó mayor tiempo de acceso al comedero, esto no se tradujo en mayores consumo ni como kg/a/d ni como kg consumidos cada 100 kgPV ($P < 0,10$), por lo que se evidencia que la tasa de consumo fue menor.

Cabe destacar que en la semana seis si bien no hubo diferencias en el tiempo dedicado al consumo entre AE y LEV, si se observaron diferencias en cuanto al consumo de MS (expresado como kg/100 kg PV). Lo dicho anteriormente indicaría una mayor tasa de consumo por parte de los animales pertenecientes al tratamiento LEV en esa semana específica.

4. 6. 2 Rumia.

La actividad de rumia fue mayor para MON que para el tratamiento AE ($P < 0,05$), mientras que el tratamiento LEV no se diferenció de ninguno.

El tiempo dedicado a la rumia también se vio afectado por la semana en la cual se realizó la medición, obteniéndose que los animales dedicaron un tiempo significativamente mayor a la actividad de rumia en la semana dos que en la semana seis, en tanto la semana ocho no varió con respecto a las otras.

4. 6. 3 Descanso.

El tiempo dedicado a esta actividad no difirió entre tratamientos ($P \geq 0,05$).

Hubo un efecto semana, este se dio entre la semana dos, la seis y ocho, ya que en la segunda semana el tiempo dedicado al descanso fue mayor ($P < 0,05$), esta situación puede haber sido causada por los mayores valores de ITH (índice de temperatura y humedad) que ocurrieron en el mes de enero (ver cuadro N° 1 Anexo) (INTA, 2016).

Según Shultz (1984) los bovinos en situación de confinamiento al ser sometidos a condiciones de alta temperatura y humedad, realizan cambios comportamentales y fisiológicos para hacer frente al estrés calórico, el autor encontró que los bovinos aumentaron un 26% el tiempo de descanso a causa de dicho estrés.

4. 6. 4 pH.

En el siguiente grafico se presentan los valores de pH ruminal de los animales a lo largo del experimento. Las mediciones fueron realizadas en los días 14, 49 y 56 del periodo experimental.

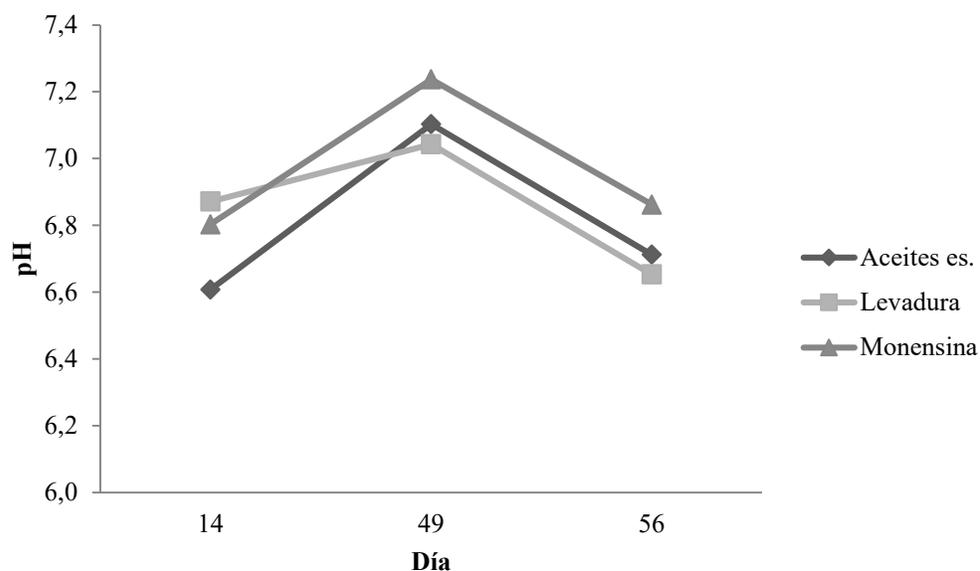


Figura N° 5: Evolución del pH de cada uno de los tratamientos a lo largo del período experimental medido en los días 14, 49 y 56 en terneras destetadas precozmente a corral bajo una dieta alta en concentrados.

En referencia al pH a nivel ruminal no se presentaron diferencias entre los tratamientos en ninguna medición ($P > 0,05$). Esto coincide con los datos reportados por distintos autores que compararon aceites esenciales a distintas dosis y en distintas categorías animal y con distintos tipos de dieta sin encontrar diferencias significativas en el pH (Cardozo et al., 2006, Geraci et al., 2012, Torres et al., 2021). Autores que compararon levaduras con monensina tampoco encontraron diferencias en el pH por acción diferencial de estos aditivos (Aldrovandi, 2015, Molina y Paz, 2011).

Si se analiza la evolución a lo largo del experimento (figura N° 5) se observa un aumento de los valores para los tres tratamientos en el día 49, presentándose diferencias significativas con el día 14 y 56 ($P < 0,05$), siendo estadísticamente iguales estos últimos dos. Por lo tanto analizando el parámetro pH en su conjunto se observa un efecto significativo ($P < 0,05$) del día de medición independientemente del tratamiento. Es probable que esta variación haya sido provocada por alguna diferencia en el manejo de los animales previo al muestreo o variaciones en las características del voluminoso que se dieron en el transcurso del experimento.

4. 6. 5 Frecuencia respiratoria.

La medición de las frecuencias respiratorias fueron realizadas a las 09:00 y 16:00 hs. El tratamiento correspondiente a LEV presentó diferencia significativa ($P < 0,05$) en las tasas respiratorias de las 09:00, donde el valor promedio de LEV fue de 76 respiraciones por minuto en tanto que AE y MON presentaron frecuencias de 93 y 91 respiraciones por minuto respectivamente. A las 16:00 hs no hubo diferencias entre los tratamientos ($P > 0,05$).

Las frecuencias respiratorias fueron elevadas, esto se debe a que los animales se encontraban en situaciones de valor de ITH por encima de los que se consideran adecuados (> 75) para que los mismos se encuentren en confort térmico (cuadro anexo N° 1).

La diferencia entre los tratamientos mencionada puede estar asociada fundamentalmente a que en la mañana los animales del tratamiento LEV se encontraban a la sombra, mientras que los otros dos al sol. Dado lo mencionado anteriormente, no sería correcto afirmar que dichas diferencias se deban a un efecto tratamiento propiamente dicho.

4. 6. 6 Patrón de actividad de consumo.

El patrón de actividad de consumo refiere a como se distribuyó el tiempo total de acceso al comedero de cada tratamiento en las diferentes franjas horarias. El análisis estadístico fue realizado en franjas horarias, 07:00 – 10:00; 10:00 – 13:00; 13:00 – 16:00; 16:00 – 19:00, por lo tanto para la interpretación de los mismos se utiliza el mismo criterio.

Cuadro N° 10: Distribución en las distintas franjas horarias de la probabilidad de encontrar a un animal accediendo a comedero dentro del tiempo total de actividad de consumo diurno, en terneras de destete precoz y alimentadas a corral con dieta alta en concentrados.

	Proporción del tiempo total de actividad de consumo		
	MON	LEV	AE
07:00 a 10:00 h	0,37 a	0,26 b	0,29 b
10:00 a 13:00 h	0,21 a	0,23 a	0,25 a
13:00 a 16:00 h	0,10 b	0,20 a	0,13 b
16:00 a 19:00 h	0,30 a	0,27 a	0,32 a

Medias en la misma línea seguidas de diferente letras difieren estadísticamente ($P < 0,05$). Horario de entrega del alimento 7:00 y 16:00 hs.

En el cuadro se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la probabilidad de encontrar un animal consumiendo, como proporción del total de actividad de consumo diurno, en cada una de los intervalos horarios evaluados. Se observa que la mayor

probabilidad de encontrar un animal consumiendo se daba luego de cada suministro de alimento los cuales se realizaban a las 07:00 y 16:00 hs. En cuanto al primer periodo evaluado, se observa que MON dedica más tiempo al consumo que AE y LEV. En los dos intervalos intermedios los resultados son variables ya que en el primero de estos no hay variación entre los tratamientos y en el segundo se da que LEV presenta mayor consumo que MON y AE. En el intervalo final que al igual que el primero también fue evaluado a posteriori del suministro de alimento, no se observó diferencias entre tratamientos. Considerando que si bien existen diferencias entre tratamientos en dos horarios distintos, esta diferencia no es a favor del mismo tratamiento en las dos ocasiones, por lo tanto los resultados no son concluyentes.

4.7 ANÁLISIS ECONÓMICO.

Para el análisis económico del kg de ternero producido para cada uno de los tratamientos se estableció la siguiente línea de razonamiento. Dados los consumos promedios de 3,84; 4,15 y 3,56 kgMS para MON, AE y LEV respectivamente, y una dosis diaria de 0,5 kg de núcleo se calculó la dosis de núcleo por cada kg de alimento consumido para cada uno de los tratamientos. A partir de este resultado, la EC de cada uno de los tratamientos y el precio de los aditivos los cuales eran de 0,008; 0,056 y 0,07 US\$/kg de ración, se calculó el costo en cuanto a los núcleos respecta del kg de ternero producido. A este resultado, para el completo análisis económico de costos, se le sumo el costo de la ración (0,495 US\$/kgMS, ración sin contenido de aditivos) y fardo (0,272 US\$/kgMS) utilizados llegando de esta forma al costo total del kg producido para cada uno de los tratamientos lo cual se detalla en el cuadro a continuación.

Cuadro N°11: Costos en dólares por kg producido en cuanto a aditivos, alimentación y costo total para cada uno de los tratamientos.

	Tratamientos		
	MON	AE	LEV
Costo en aditivos por kg producido (US\$)	0,004	0,0287	0,0373
Costo en alimentación por kg producido (US\$)	1,724	1,918	1,706
Costo total por kg producido (US\$)	1,728	1,947	1,744

En el cuadro se puede apreciar como el tratamiento LEV a pesar de que su aditivo sea el de precio mayor, dados sus resultados productivos en cuanto a EC se compensan los costos y en el resultado final casi que iguala el costo por kg producido del tratamiento MON. En cuanto a el tratamiento AE, este es el que presenta los mayores costos por kg producido.

4. 8 DISCUSIÓN GENERAL.

En términos generales y en las variables de interés (eficiencia de conversión, peso final, ganancia media diaria, consumo de MS y pH), no fueron observadas diferencias estadísticamente diferentes entre los animales tratados con los aditivos alternativos utilizados y aquellos a los que se le suministro monensina, por lo tanto la hipótesis planteada al inicio del experimento es confirmada. Sin embargo, en la comparación entre fuentes alternativas, los terneros que recibieron LEV presentaron mejor desempeño que aquellos que recibieron AE.

Al final del experimento, LEV presentó mayor PV que AE ($P < 0,05$) (Cuadro N°6) mientras que MON no fue significativamente diferente de ninguna alternativa. Esto se debió fundamentalmente a diferencias en las GMD (kg/día) obtenidas a lo largo del experimento, donde LEV tuvo mayores GMD en los distintos momentos de medición en relación a AE.

Las variables que fueron estudiadas en el experimento y que pueden influir en la ganancia media diaria de los animales son: consumo (kgMS), composición de la dieta, pH del medio ruminal y temperatura ambiente. Consumo (kgMS), composición de la dieta y pH del medio ruminal no jugaron un rol determinante debido a que la dieta base ofrecida fue la misma para todo los tratamientos, y los valores de pH obtenidos al igual que el consumo (kgMS), no difirieron. Por lo tanto, se podría inferir que la diferencia se debe al efecto temperatura (observando el cuadro N°1 anexo se comprueba que la temperatura afecto menos a LEV que a AE), asociada a la ubicación de los tratamientos con respecto al sol (sombra de tarde o sombra de mañana),

Otra posible explicación es el diferente consumo (kg/100 kgPV) expresado por los tratamientos, el mismo fue significativamente mayor en el tratamiento LEV con respecto a AE, este resultado podría estar asociado a un mejor ambiente ruminal.

Como se mencionó en la revisión bibliográfica las levaduras actúan de forma directa aumentando el volumen de microorganismos provocando una mayor utilización de los alimentos aumentando la producción de energía y proteína microbiana. La modificación también se da a nivel del tipo de los microorganismos presentes en el rumen, alterando los productos de la fermentación con un mayor ratio C3:C2, lo cual se traduce en una mejora en la eficiencia de utilización de energía y reduciendo la concentración de ácido láctico, aumentando de esta forma el pH (Van Lier y Regueiro, 2008, Carro y Ranilla, citado por Herrera et al., 2010). Por su parte los AE actúan modificando la membrana celular de las bacterias, causando pérdida de estabilidad y generando por este medio un gasto adicional de energía que hace que disminuya su concentración, del tipo de AE utilizado dependerá que grupo de bacteria se verá afectado (Griffin et al., 1999, Cox et al., 2001). Con los AE utilizados se esperaría un mayor efecto sobre las bacterias gram positivas, causando una mejora en el medio ambiente ruminal y un mayor relación C3:C2.

Analizando ambos efectos, se observa que LEV afecta de forma más directa el medio ambiente ruminal que AE, y dado que no se cuantificó la concentración de AGV, y en vista de los resultados, se podría inferir que LEV tuvo un efecto más relevante en el cociente propiónico:acético.

En conjunto con lo anterior, el aumento de los microorganismos que genera LEV con su consecuente incremento de digestibilidad y datos reportados por diversos autores que indican que a nivel sanitario LEV disminuiría en un 60 – 100% la incidencia de enfermedades respiratorias (Ponce et al., 2012, Schubach et al., 2017, Arm & Hammer Animal and Food Production, s.f.a); son fundamentos suficientes para explicar la mejor performance presentada por dicho tratamiento.

La restante variable global de interés, la EC, está determinada por el consumo (kgMS/d) y la ganancia media diaria de los animales. Los consumos (kgMS/d) no difirieron estadísticamente entre los tratamientos y dado que MON no fue diferente a los restantes en GMD, tampoco fue así en la EC. Sin embargo, entre AE y LEV si surgió una tendencia a un menor valor de eficiencia de conversión por parte de las últimas, esta tendencia esta explicada por la superioridad en las GMD, dado que el consumo (kg/día) no difirió estadísticamente (aunque contribuye numéricamente al cociente).

Estas diferencias entre AE y LEV en terminos de GMD determinando una mejor EC de los últimos se podría asociar directamente con el modo de acción de cada uno de estos aditivos a nivel ruminal.

5. CONCLUSIONES.

En ternernas destetadas precozmente y alimentadas a corral con una dieta alta en concentrado (80%) ofrecida a voluntad, es posible sustituir a la monensina sódica por productos alternativos como aceites esenciales ó levaduras, no observándose cambios en el pH ruminal, el consumo de materia seca, la GMD o en la EC, ni en variables comportamentales o frecuencia respiratoria .

Sin embargo, comparando los dos aditivos utilizados como potenciales sustitutos, la fuente de levadura utilizada obtuvo mejores resultados que la de aceites esenciales en PV final, GMD, consumo de materia seca, EC y frecuencia respiratoria. Lo cual la posiciona como una alternativa más promisoría.

6. RESUMEN.

El trabajo en cuestión se llevó a cabo entre el 2 de enero y el 12 de marzo de 2021 en los corrales de encierro de la Unidad de Producción Intensiva de Carne, ubicada en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, localizada en el departamento de Paysandú, sobre el Km. 363 de la Ruta Nacional No. 3. El objetivo del mismo fue evaluar el potencial de uso de los aceites esenciales y de las levaduras como aditivos nutricionales sustitutos de la monensina sódica, en dietas de corral en terneras destetadas precozmente. Evaluando variables de performance, eficiencia de conversión, pH, tasas y patrones de consumo, frecuencias respiratoria y crecimiento. Se utilizaron 24 terneras Hereford nacidas en la primavera de 2020 provenientes del rodeo experimental de la EEMAC, destetadas precozmente con un promedio de edad 69 +/- 12 días y un peso al destete de 80,1 +/- 10,1 kg. Los animales fueron asignados al azar en 24 corrales individuales con los siguientes tratamientos: 1) Testigo: Alimentación ad libitum de la dieta RTM + 0.5 gramos de una fuente de monensina sódica al 20%; 2) Aceites esenciales: Alimentación ad libitum de la dieta RTM + 0.7 gramos de una fuente de aceites esenciales; 3) Celmanax: Alimentación ad libitum de la dieta RTM + 1 gramo de una fuente de levaduras. Quedando cada tratamiento compuesto por 8 repeticiones (n=8 corrales, 1 ternero/corral), contituyendo así cada animal una unidad experimental. En ninguna de las variables analizadas existieron diferencias significativas entre el tratamiento testigo y los tratamientos alternativos. Esto podría indicar que tanto los aceites esenciales como las levaduras (Celmanax) tienen potencial para sustituir la monensina sódica como aditivo nutricional en las raciones destinadas a destete precoz.

Palabras clave: destete precoz; corral; aditivos nutricionales; terneras; monensina, levaduras (Celmanax); aceites esenciales.

7. SUMMARY.

The work was carried out between January 2 and March 12, 2021 in the pens of the Unidad de Producción intensiva de Carne, located at the Mario A. Cassinoni Experimental Station, located in the department of Paysandú, on Km. 363 of National Route No. 3. The objective was to evaluate the potential use of essential oils and yeasts as substitutes for monensin sodium, in feedlot diets for early weaned calves, evaluating performance, conversion efficiency, pH, consumption rates and patterns, respiratory frequencies and growth. Twenty-four Hereford calves born in the spring of 2020 from the EEMAC experimental herd, early weaned with an average age of 69 +/- 12 days and weaning weight of 80.1 +/- 10.1 kg, were used. The animals were randomly assigned to 24 individual pens with the following treatments: 1) Control: Ad libitum feeding of the RTM diet + 0.5 grams of a 20% monensin sodium source; 2) Essential oils: Ad libitum feeding of the RTM diet + 0.7 grams of an essential oil source; 3) Celmanax: Ad libitum feeding of the RTM diet + 1 gram of a yeast source. Each treatment consisted of 8 replicates (n=8 pens, 1 calf/pen), each animal constituting one experimental unit. In none of the variables analyzed were there significant differences between the control treatment and the alternative treatments. This could indicate that both essential oils and yeast (Celmanax) have the potential to replace monensin sodium as a nutritional additive in rations for early weaning.

Keywords: early weaning; feedlot; nutritional additives; calves; monensin; yeast; essential oils.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Aldrovandi, A. 2015. Adaptación de sistemas de fermentación ruminal in vitro para evaluar el efecto modulador de cuatro potenciales prebióticos en condiciones de acidosis. Mag. Salud Animal. Montevideo, Uruguay. Universidad de la Republica. Facultad de Veterinaria. 81 p.
2. Alessio, G. 2014. Beneficios de la Monensina en la alimentación bovina. (en línea). Santa Fe. s.p. Consultado abr. 2022. Disponible en https://www.gaviglio.com/sala_de_prensa/medios/beneficios-de-la-monensina-en-la-alimentacion-bovina-8#:~:text=La%20dosis%20terap%C3%A9utica%20para%20bovinos,consultar%20a%20un%20asesor%20profesional.
3. Arias, R. A.; Mader, T. L.; Escobar, P. C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. (en línea). Archivos de medicina veterinaria. 40(1): 7 - 22. Consultado feb. 2022. Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0301-732X2008000100002&script=sci_arttext.
4. Arm & Hammer. s.f.a. La suplementación con CELMANAX ayudó a mejorar el rendimiento y a reducir los costos médicos en terneras de carne. s.l. 2 p. (Notas sobre la investigación B-77).
5. _____. s.f.b. La suplementación con CELMANAX en ganado en un lote de engorde durante el acabado con estrés por calor aumentó la eficiencia y el rendimiento. s.l. 2 p. (Notas sobre la investigación B-84).
6. Arm & Hammer Animal and Food Production. s.f.a. CELMANAX reduced serum cortisol and altered microbial populations in transport-challenged beef heifers. s.l. 2 p. (Research Notes).
7. _____. s.f.b. CELMANAX enhanced daily weight gain, final carcass weight in Holstein steers. s.l. 2 p. (Research Notes).
8. _____. 2016. Spanish - CELMANAX: Unlocking the Power of the Yeast Cell. (en línea, video). Consultado 26 jun. 2022. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=eT7nOqSL94w&t=58s>.
9. Arm & Hammer Animal Nutrition. s.f. CELMANAX cultivo de levadura, mos y beta glucanos. s.l. 2 p. (Información).
10. Bartley, E.; Herod, E.; Bechtel, R.; Sapienza, D.; Brent, B.; Davidovich, A. 1979. Effect of monensin or lasalocid, with and without Niacin or Amicloral, on rumen fermentation and feed efficiency. Journal of Animal Science. 49(4): 1066 - 1075.

11. Béguet, H. A.; Bocco, O. A.; Mac Loughlin, V. H.; Sagripanti, G. E. s.f. Destete hiper precoz: su influencia sobre el desarrollo de las papilas ruminales. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado abr. 2022. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/destete/106-Destete_papilas_ruminales.pdf.
12. Benchaar, C.; Calsamiglia, S.; Chaves, A.; Fraser, G.; Colombatto, D.; McAllister, T.; Bauchemin, K. 2008. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal feed science and technology*. 145(1-4): 209 - 228.
13. Beretta, V.; Simeone, A.; Elizalde, J. C.; Caorsi, C. J.; Lamarca, M. 2012. Destete precoz a corral: Una nueva herramienta para una nueva cría. *In*: Simeone, A.; Beretta, V. Una nueva cría, un nuevo engorde, una nueva ganadería. Paysandú, UPIC. pp. 14 - 27.
14. 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.
15. Burrin, D.; Stock, R.; Britton, R. 1988. Monensin level during grain adaptation and finishing performance in cattle. *Journal of Animal Science*. 66(2): 513 - 521.
16. Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential application in foods-a review. *International Journal of Food Microbiology*. 94(3): 223 - 253.
17. Busquet, M.; Calsamiglia, S.; Ferret, A.; Kamel, C. 2006. Plant extract affects in vitro rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*. 89(2): 761 - 771.
18. 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.
19. Campos, L.; Barbosa, Y.; Barioni, G.; Broch, J. 2013. Monensina sódica para bovinos. *In*: Borges, B.; Braga, C. Tópicos especiais em Ciência Animal II. Alegre, CAUFES. pp. 200 - 210.
20. 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 ion concentrate diet for beef cattle. *Journal of Animal Science*. 83(11): 2572 - 2579.
21. _____; _____; _____; _____. 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.

22. Courderc, J. J. 2007. Alimentación y acidosis en el engorde a corral. (en línea). Argentina, s.e. s.p. Consultado abr. 2022. Disponible en https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/49-acidosis.pdf.
23. Cox, S. D.; Mann, S. M.; Markham, J. L. 2001. Interactions between components of the essential oil of *Maleleula alternifolia*. *Journal of Applied Microbiology* 91(3): 492 - 497.
24. 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.
25. Dennis, S.; Nagaraja, T.; Bartley, E. 1981. Effect of lasalocid or monensin on lactate production from invitro rumen fermentation of various carbohydrates. *Journal of Dairy Science*. 64(2): 2350 - 2356.
26. Desnoyers, M.; Giger-Reverdin, S.; Bertin, G.; Duvaux-Ponter, C.; Sauvant, D. 2009. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *Journal of Dairy Science*. 92(4): 1620 - 1632.
27. Duffield, T.; Merrill, J., Bagg, R. 2015. 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.
28. Fandiño, I.; Calsamiglia, S.; Ferret, A.; Blanch, E. 2008. Anise and capsicum as alternatives to monensin modifies rumen fermentation in beef heifers fed a high-concentrate diet. *Animal Feed Science and Technology*. 145(1-4): 409 - 417.
29. García, R. 2004. Las levaduras para la alimentación de los porcinos (*Saccharomyces cerevisiae*). (en línea). s.n.t. 8 p. Consultado jul. 2022. Disponible en http://www.interding.com.ar/en/downloads/Las_Levaduras_para_la_Alimentacion_%20de_los_porcinos.pdf.
30. Geraci, J. I.; Garciarena, A. D.; Gagliostro, G. A.; Beauchemin, K. A.; Colombatto, D. 2012. Plant extract containing cinnamaldehyde, eugenol and capsicum oleoresin added to feedlot cattle diet: ruminal environment, short term intake pattern and animal performance. *Animal Feed Science and Technology*. 176(1-4): 123 - 130.
31. 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.

32. Herrera, L. O.; Coto, S.; Medina, A. 2010. Uso de prebióticos y probióticos en la producción animal. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 99 p.
33. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AR). 2016. ¿Cuándo se generan condiciones de estrés por calor en bovinos para carne? (en línea). Mar del Plata. 3 p. Consultado abr. 2022. Disponible en <https://inta.gob.ar/noticias/%C2%BFcuando-se-generan-condiciones-de-estres-por-calor-en-bovinos-para-carne>.
34. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2010. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. 240 p.
35. Michelini, J. M.; Pérez, L. F.; Soldini, G. 2009. Producción de proteína microbiana y ambiente ruminal según el tiempo y forma de acceso al alimento y la adición o no de moduladores de la fermentación en ovinos alimentados con una pastura templada de buena calidad. Tesis Dr. Veterinaria. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 38 p.
36. Molina, A. S.; Paz, S. 2011. Efecto de cuatro potenciales prebióticos sobre el pH en un modelo in vitro de acidosis ruminal. Tesis Dr. Veterinaria. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 37 p.
37. 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. (en línea). Indian Journal of Animal Research. B1003. Consultado jun. 2022. Disponible en <https://arccjournals.com/journal/indian-journal-of-animal-research/B-1003>.
38. 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 Animal Science. 78(2): 241 - 244.
39. Nicodemo, M. L. F. 2001. Uso de aditivos na dieta de bovinos de corte. Brasília, Campo Grande. 56 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos no. 106).
40. Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. Journal of Dairy Science. 80(5): 1005 - 1028.
41. Oh, J.; Harper, M.; Lang, C. H.; Wall, E. H.; Hristow, A. N. 2018. Effects of phytonutrients alone or in combination with monensin on productivity in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science. 101(8): 7190 - 7198.
42. Parlamento Europeo; Consejo Europeo. 2003. Reglamento (CE) No 1831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2003 sobre los aditivos en la alimentación animal. (en línea). Diario oficial de la Unión

Europea. 46: 29 - 43. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2003:268:FULL&from=EN>.

43. Pinos J. M.; González, S. 2000. Efectos biológicos y productivos de los ionóforos en rumiantes. *Interciencia*. 25(8): 379 - 385.
44. Polin, L. A.; Muro, A.; Diaz, L. H. 2014. Aceites esenciales modificadores de perfiles de fermentación ruminal y mitigación de metano en rumiantes. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 5(1): 25 - 47.
45. Ponce, C. H.; Schutz, J. S.; Elrod, C. C.; Anele, U. Y.; Galyean, M. L. 2012. Effects of dietary supplementation of a yeast product on performance and morbidity of newly received beef heifers. *The Professional Animal Scientist*. 28(6): 618 - 622.
46. Pordomingo, A. J. 2003. Gestión ambiental en el feedlot: Guía de buenas prácticas. La Pampa, INTA Anguil. 90 p.
47. Rodriguez-Prado, M.; Ferret, A.; Zwieten, J.; Gonzalez, L.; Bravo, D.; Calsamiglia, S. 2012. Effects of dietary addition of capsicum extract on intake, water consumption, and rumen fermentation of fattening heifers fed a high-concentrate diet. *Journal of Animal Science*. 90(6): 1879 - 1884.
48. Russell, J.; Strobel, H. 1989. Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*. 55(1): 1 - 6.
49. Salinas-Chavira, J.; Montaña, M. F.; Torrentera, N.; Zinn, R. A. 2017. 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.
50. Santini, F. J.; Di Marco, O. N. 1983. Monensina, modo de acción y su efecto sobre el comportamiento productivo del animal. *Revista Argentina de producción animal*. 3(4): 345 - 364.
51. Schubach, K. M.; Cooke, R. F.; Silva, L. G. T.; Brandao, A. P.; Lippolis, K. D.; Marques, R. S.; Bohnert, D. W. 2017. Supplementing a yeast-derived product to enhance productive and health responses of feeder steers. *American Society of Animal Science*. 68: 141 - 146.
52. Shultz, T. A. 1984. Weather and shade effects on cow corral activities. *Journal of Dairy Science*. 67(4): 868 - 873.
53. Simeone, A.; Beretta, V. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Hemisferio Sur. 118 p.

54. Suárez-Machín, C.; Guevara-Rodríguez, C. A. 2018. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes: revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. 51(2): 21 - 30.
55. Thiex, N., Novotny, L.; Crawford, A. 2012. Determination of ash in animal feed: AOAC official method 942.05 revisited. Journal of AOAC International. 95(5): 1392 - 1397.
56. Torres, R. N. S.; Paschoaloto, J. R.; Ezequiel, J. M. B.; Da Silva, D. A. V.; Almeida, M. T. C. 2021. Meta-analysis of the effects of essential oil as an alternative to monensin in diets for beef cattle. (en línea). The Veterinary Journal. 272: 105659. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2021.105659>.
57. Van Lier, E.; Regueiro, M. 2008. Digestión en retículo-rumen. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. 30 p. Consultado may. 2022. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/AFA/TEORICOS/Repartido-Digestion-en-Reticulo-Rumen.pdf>.
58. Van Nevel, C. J.; Demeyer, D. I. 1977. Effect of Monensin on Rumen Metabolism In Vitro. Applied and environmental microbiology. 34(3): 251 - 257.
59. Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. ed. Ithaca, New York, Cornell University Press. 459 p.
60. Wink, M.; Schimmer, O. 1999. Modes of action of defensive secondary metabolites. Annual Plant Reviews. 3: 18 - 137.
61. 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. (en línea). Técnica Pecuaria en México. 39 (3): 207 - 214. Consultado jun. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/613/61339303.pdf>.
62. Zinn, R.; Borques, J. 1993. Influence of sodium bicarbonate and monensin on utilization of a fat – supplemented, high energy growing – finishing diet by feedlot steers. Journal of Animal Science. 71(1): 18 - 25.

9. ANEXOS.

Cuadro N° 1: Frecuencias respiratorias de los diferentes tratamientos medidas en 3 momentos a lo largo del experimento en dos días consecutivos.

Fecha	23/1		24/1		21/2		22/2		9/3		10/3	
Tratamiento/Hora	9:0	16:0	9:0	16:0	9:0	16:0	9:0	16:0	9:0	16:0	9:0	16:0
Aceites esenciales	66	77	86	81	90	104	84	114	126	124	108	128
Levaduras	59	80	67	75	83	100	83	117	86	121	80	109
Monensina	59	59	83	67	97	106	82	112	118	119	108	116
ITH	76	83	78	83	71	80	73	81	68	79	70	79

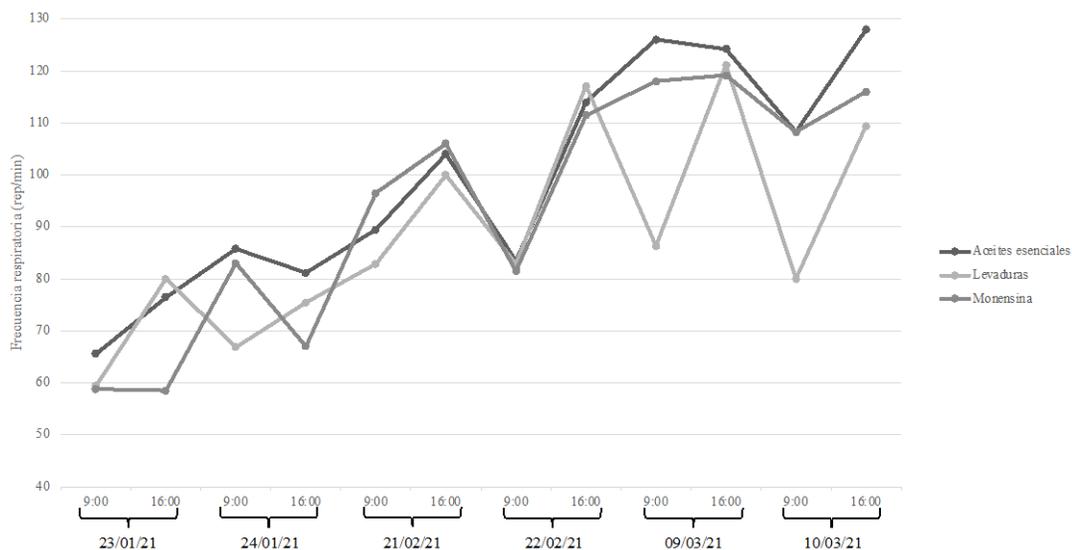


Figura N°1: Evolución de frecuencia respiratoria para cada uno de los tratamientos durante el experimento.