

**SUPLEMENTACIÓN CON FUENTES DE TANINOS, EN COMPARACIÓN CON
MONENSINA, EN UN SISTEMA INTENSIVO DE CARNE BOVINA**

Federico Gómez Noreña

Trabajo de tesis presentado como requisito para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**ESCUELA PARA GRADUADOS ALBERTO SORIANO, FACULTAD DE
AGRONOMÍA- UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**

**Buenos Aires, Argentina
2022**

**SUPLEMENTACIÓN CON FUENTES DE TANINOS, EN COMPARACIÓN CON
MONENSINA, EN UN SISTEMA INTENSIVO DE CARNE BOVINA**

Federico Gómez Noreña

Darío Colomatto, Ing. Agr., PhD.

Director de Tesis

Jose Ignacio Arroquy, Ing. Agr., M Sc., PhD.

Codirector

**SUPLEMENTACIÓN CON FUENTES DE TANINOS, EN COMPARACIÓN CON
MOMENSINA, EN UN SISTEMA INTENSIVO DE CARNE BOVINA**

Federico Gómez Noreña

Aprobada por:

Nombre y títulos

Nombre y títulos

Nombre y títulos

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo está dedicado a mis padres Diego Alonso Gómez y Luz Piedad Noreña, y a mi hermana Susana Gómez, quienes con mucho amor y esfuerzo me han apoyado incondicionalmente durante toda mi vida. Igualmente, a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa y aportaron a mi crecimiento personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer al Comité Consejero, compuesto por el Dr. Darío Colombatto (Director) y el Dr. Jose Ignacio Arroquy (Codirector), quienes no solo aportaron su vasta experiencia y conocimiento, sino que me brindaron todo el apoyo y la confianza para llevar a cabo esta investigación. Es un honor para mí hacer parte de un equipo que cuenta con dos grandes docentes y profesionales, que además son excelentes personas.

En segundo lugar, agradecer a los doctores Karina Hodara, Rodolfo Cantet y Ana María Pereyra por su gran contribución al desarrollo de la tesis, así como por su buena voluntad y predisposición.

Asimismo, agradecer a todo el personal de la estancia “Los Tambos” que permitieron el adelanto de la investigación y brindaron los recursos necesarios para la misma. Siempre me dispensaron un cordial trato y colaboración ante el primer requerimiento.

Por último, quiero agradecer a la Escuela para graduados Alberto Soriano y a la Maestría en producción animal, haciendo una especial mención a mis compañeros, docentes, Secretaría y Dirección, así como a todo su personal. De igual manera a la Universidad de Buenos Aires por abrirme sus puertas.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 HIPÓTESIS.....	2
1.2 OBJETIVOS	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. INTRODUCCIÓN.....	3
2.2. MONENSINA.....	3
2.3. TANINOS	5
2.3.1. <i>Naturaleza y primeros usos</i>	5
2.3.2. <i>Clasificación y descripción química molecular</i>	6
2.3.3. <i>Interacción con el microbioma ruminal</i>	7
2.3.4. <i>Beneficios productivos y antecedentes</i>	9
2.3.5. <i>Reportes de efectos negativos</i>	13
2.3.6. <i>Otros beneficios reportados</i>	15
2.3.7. <i>Uso conjunto de taninos condensados e hidrolizables</i>	17
2.4. CONCLUSIÓN	18
3. EXPERIMENTO	19
3.1 INTRODUCCIÓN.....	19
3.2. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.3. RESULTADOS	27
3.4. DISCUSIÓN	34
3.4.1 <i>Consumo</i>	34
3.4.2 <i>Aumento de peso vivo e índice de conversión</i>	38

3.4.3 <i>Parámetros de carcasa</i>	41
3.4.4 <i>Potencia del experimento</i>	42
3.5. CONCLUSIONES.....	44
3.6. BIBLIOGRAFÍA.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de ingredientes de la ración para cada tratamiento (Testigo = Monensina vs. Tanino) y fases de alimentación (Fases inicial, intermedia y final).

Tabla 2. Composición química de las dietas en la fase inicial (0-10 d), intermedia (11-18 d) y final (d 19 en adelante).

Tabla 3. Consumo promedio de materia seca (kg/día) de dietas de feedlot adicionadas con taninos o monensina (Testigo). Datos de todo el periodo experimental.

Tabla 4. Consumo promedio de materia seca (kg/día) de dietas de feedlot adicionadas con taninos o monensina (testigo). Datos del período experimental diferenciado por cuartos (0-30d, 37-60d, 67-90d y 97-120d).

Tabla 5. Desempeño productivo de novillos de feedlot alimentados con dietas adicionadas con taninos o con monensina (Testigo).

Tabla 6. Distribución de frecuencias absolutas para la tipificación de las canales. (Novillo/Novillito) de los novillos alimentados con taninos o con monensina (Testigo).

Tabla 7. Prueba de homogeneidad por medio de Chi cuadrado Pearson para la tipificación de las canales de los novillos alimentados con taninos o con monensina (Testigo).

Tabla 8. Comparación de los requerimientos de réplicas y diferencias entre tratamientos para potencias experimentales de 80%, 90% y 95%.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Dinámica de consumo (KgMS/Cab) que se extiende durante todo el periodo de encierre a corral para el tratamiento con taninos y con monensina (Testigo).

Gráfico 2. Distribuciones de aumento diario de peso vivo (ADPV) para cada tratamiento según las frecuencias relativas de nueve rangos establecidos.

Gráfico 3. Distribuciones de la tipificación de las canales (Novillo/Novillito) para cada tratamiento según las frecuencias relativas de las seis calificaciones reportadas.

RESUMEN

El uso de antibióticos como promotores de crecimiento en ganado ha sido restringido dentro de la Unión Europea, y existen dudas en cuanto a su futuro en Argentina. La inclusión de estos aditivos busca favorecer la interacción alimento-animal, o bien permitir un uso más eficiente de los nutrientes suministrados en el alimento de manera de cubrir los requerimientos del animal, pudiendo así expresar su potencial genético. Alternativas al uso de estos antibióticos, especialmente la monensina y la virginiamicina entre otros, son buscadas con intensidad. Se ha estudiado el uso de taninos como estrategia nutricional en rumiantes, y si bien en numerosos estudios se valora su optimización de la fermentación ruminal, los resultados no han sido concluyentes y en algunos casos contradictorios. El interrogante que se planteó es: ¿En qué medida los taninos pueden reemplazar el uso de monensina como aditivos en las dietas de terminación a corral obteniendo beneficios productivos equivalentes? Frente a esta cuestión se hipotetizó que los taninos a dosis moderadas permitirán mantener o mejorar los resultados productivos logrados con la monensina. El objetivo de este trabajo fue evaluar el remplazo de monensina sódica por taninos (mezcla de taninos condensados e hidrolizables) en dietas de terminación a corral sobre el desempeño productivo, el índice de conversión de alimento (IC), el rendimiento y calidad de carcasa. Se seleccionaron 1200 novillos ($PV = 307 \pm 24$ kg) en un diseño completamente aleatorizado. Los animales fueron distribuidos al azar en 8 corrales (150 novillos por corral; $n=4$) y asignados a uno de dos tratamientos: dieta con monensina (MON) y dieta con taninos (TAN). La dosis utilizada de taninos fue de 0,3% MS, mezclados dentro del suplemento mineral. El estudio tuvo una duración de 120 días. La adición de taninos resultó en un mayor consumo ($P = 0,01$; 11,3 vs 10,4 kg/MS/día para TAN y MON, respectivamente), aunque sin diferencias en la ganancia de peso ($P = 0,59$; 1,21 vs 1,24 kg/d). Estos resultados tendieron a empeorar el IC ($P = 0,07$; 9,44 vs 8,41 kg/MS/d para TAN y MON, respectivamente). Se concluye que la utilización de una mezcla de taninos condensados e hidrolizables no representó una alternativa al uso de monensina como aditivo en las dietas en feedlot.

Palabras clave: feedlot, taninos, monensina, consumo, conversión

ABSTRACT

The use of antibiotics as growth promoters in cattle has been restricted in European Union, and there are doubts about its future in Argentina. The inclusion of these additives aims to favor the animal-feed interaction, or to allow a more efficient use of the nutrients supplied in feed to complement the animal's requirements, thus expressing its genetic potential. Alternatives to the use of these antibiotics, especially monensin and virginiamycin among others, are sought with intensity. The use of tannins has been studied as nutritional strategy in ruminants, and despite numerous studies have valued their effects on ruminal fermentation, results have not been conclusive and in some cases contradictory. The question that arises is: To what extent can tannins replace the use of monensin as additive in finishing feedlot diets, obtaining equivalent productive benefits? It was hypothesized that moderate doses of tannins will allow maintaining or improving the productive results commonly achieved with monensin. The objective of this experiment was to evaluate the replacement of sodium monensin with tannins (a mixture of condensed and hydrolysable tannins) in feedlot finishing diets on productive performance, feed conversion, yield and carcass quality. One thousand two hundred steers (PV= 307 +/- 24 kg) were selected in a completely randomized design. Animals were randomly distributed into 8 pens (150 steers per pen; n=4) and assigned to one of two treatments: monensin diet (MON) and tannin diet (TAN). The dose of tannins used was 0,3% DM. The study lasted 120 days. The addition of tannins resulted in higher intake ($P= 0,01$; 11,3 vs 10,4 kg/DM/day for TAN and MON, respectively), although no differences in weight gain were observed ($P= 0,59$; 1,21 vs 1,24 kg/d). These results tended to worsen IC ($P= 0,07$; 9,44 vs 8,41 kg/DM/d for TAN and

MON respectively. It is concluded that the use of a mixture of condensed and hydrolysable tannins was not effective as an alternative to the use of monensin in feedlot diets.

Key words: feedlot, tannin, monensin, intake, conversion

1. INTRODUCCIÓN

La tendencia mundial del consumidor en el mercado mundial de carnes se ha ido modificando en los últimos años, donde éste se preocupa por obtener un producto inocuo y de calidad, además de un buen precio. A su vez, los gobiernos fortalecen los estándares de calidad y regulan cada vez más la comercialización de estos productos, como es el caso de mercados atractivos tales como el de la Unión Europea, inalcanzable para muchos productores. Los productos cárnicos que entran en estos mercados deben cumplir medidas estrictas desde su producción primaria, con animales alimentados con productos predeterminados y prohibiendo el uso de aquellos que representen, o sean percibidos como un riesgo para la salud pública (Bender, 1992; Centner, 2019).

Durante décadas, los antibióticos ionóforos, y particularmente la monensina, han sido incorporados como aditivos en las dietas de bovinos de producciones intensivas de carne con notable éxito (Ipharraguerre y Clark, 2003). Estos compuestos han generado un impacto positivo en la productividad con una mejora en la conversión alimenticia, al mismo tiempo que controlan la incidencia de coccidios en los rodeos (sobre todo en animales muy jóvenes), por lo que su uso ha sido rápidamente difundido.

Recientemente, se han incrementado las regulaciones con respecto al uso de la monensina, restringiéndose su uso en los países europeos (Official Journal of the European Union, 2003). Más aún, hay quienes argumentan que no se debería permitir el ingreso de productos de animales alimentados con este aditivo, debido a su naturaleza antibiótica y al riesgo percibido por los consumidores en términos de salud pública. Este fenómeno ha generado incertidumbre en muchos productores y la comunidad científica se ha visto en la tarea de buscar alternativas a los antibióticos promotores de crecimiento para aspirar a exportar a estos grandes mercados con el desafío de no resentir la eficiencia productiva. En contraposición a esto, es reconocido que en términos de estructura molecular, la monensina no tiene relación con antibióticos usados en humanos, y así ha sido reconocido por el SENASA desde 2018 (<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resolución-1119-2018-318427/texto>).

Los taninos son polifenoles de las plantas, típicamente reconocidos como compuestos anti nutricionales que se encuentran en las paredes celulares, o dentro de vacuolas, cortezas, semillas y flores principalmente de plantas dicotiledóneas (Barry, 1989). Este grupo diverso de compuestos pueden precipitar alcaloides y proteínas, y consigo afectar la palatabilidad y digestibilidad (McMahon y col., 2000). Es por esto, que los taninos han sido considerados como potenciales modificadores de la función ruminal (Mueller-Harvey, 2006), y su inclusión en las dietas de rumiantes han surgido como una alternativa que pudiera hacer frente a esta problemática, debido a que son percibidos como naturales y por ende no están regulados, además de ser una materia prima accesible que puede entrar a jugar un papel importante como estrategia en el área de la suplementación con aditivos, fundamentándose esta idea en los reportes existentes sobre sus diversos beneficios productivos. Por lo tanto, esta investigación da cuenta del siguiente interrogante: ¿En qué medida los taninos pueden reemplazar el uso de monensina como aditivos en las dietas de terminación a corral obteniendo beneficios productivos equivalentes?

1.1 HIPÓTESIS

En base al marco teórico descrito, se formuló la siguiente hipótesis:

- Los taninos suministrados en la dieta a dosis moderadas permitirán mantener o mejorar el índice de conversión alcanzado con monensina, como resultado de un menor o igual consumo de materia seca y una mayor o igual ganancia de peso.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del reemplazo de monensina sódica por taninos (mezcla de condensados e hidrolizables) en dietas de terminación a corral sobre el desempeño productivo, la conversión de alimento, el rendimiento y calidad de carcasa en novillos para carne.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN

Los taninos han surgido como una importante estrategia en el área de la suplementación con aditivos. Esto se fundamenta en la búsqueda por favorecer la interacción alimento-animal y permitir el uso más eficiente de los nutrientes presentes en la dieta, de manera de cubrir los requerimientos del animal para expresar su potencial genético, generando los resultados productivos esperados con la mayor eficiencia posible, y así obtener mayores ganancias de peso por alimento consumido. Los aditivos usados en la alimentación animal ejercen su efecto a cantidades relativamente pequeñas y suelen ser categorizados como tecnológicos (antioxidantes, emulsificantes, acidificantes), sensoriales (pigmentos, saborizantes, aromatizantes), nutricionales (vitaminas, minerales, aminoácidos), zootécnicos (potenciadores de digestión o estabilizadores del microbioma) o farmacológicos (coccidiostatos). Precisamente, por su acción coccidiostática, los ionóforos se usaron inicialmente en avicultura (Ipharraguerre y Clark, 2003), pero luego se empezaron a utilizar como promotores de crecimiento en rumiantes por su efecto benéfico, mayormente en la conversión alimenticia (Nagaraja, 1995).

2.2. MONENSINA

La monensina es el ionóforo más importante debido a su amplia aceptación y uso en la ganadería en los últimos tiempos. Este protagonismo lo adquirió gracias a su impacto sobre la productividad, lo que le permitió expandirse comercialmente a distintos países (Ipharraguerre y Clark, 2003). De igual manera, se ha debido tener cuidado con las dosis manejadas para evitar intoxicaciones.

La monensina presenta una molécula con un grupo carboxílico polieter modificado, monovalente sodio y potasio, y es producida por el hongo *Streptomyces cinnamonensis*.

Actúa moderando el intercambio de protones y cationes a través de las membranas plasmáticas de las bacterias. Concretamente, reduce la disponibilidad de potasio intracelular en la bacteria, aumentando la del sodio, generando un desbalance con la concomitante necesidad de gastar ATP por parte de la bacteria para equilibrarse. Esto disminuye el pH intracelular, y afecta la estabilidad eléctrica y el normal funcionamiento de sus procesos vitales (Nagaraja, 1995). Consecuentemente, y tal lo descrito por Bergen y Bates (1984), alteran las poblaciones de bacterias en el rumen, generando consigo cambios en la fermentación ruminal. Son afectadas principalmente las bacterias gram positivas que son productoras de acetato, butirato, formiato (que a su vez, aportan insumos para la producción de metano por parte de las archaeas metanogénicas) y la mayoría de las productoras de lactato, sin afectar a las utilizadoras del mismo. Por ejemplo, una de las especies bacterianas más sensibles es *Streptococcus bovis*, que ve marcadamente afectado su crecimiento (Bergen y Bates, 1984). Por el contrario, las bacterias gram negativas son menos sensibles a la monensina debido a su componente lipopolisacárido que comprende a una compleja multicapa de dos membranas diferentes separadas por un rígido peptidoglucano que sirve como una barrera de protección a la monensina (Bergen y Bates, 1984). Como consecuencia de estos cambios, se reduce la producción de acetato y metano, y se aumenta la producción de propionato. El propionato tiene mayor eficiencia relativa en el uso de la energía que los restantes ácidos, por lo tanto, el aumento en la producción de propionato incrementa el contenido de energía metabolizable (EM) por kg de alimento consumido (Blaxter, 1989). A su vez, McGinn y col. (2004) señalaron que estos efectos sobre el microbioma ruminal favorecerían la disminución de la metanogénesis y la prevención de acidosis.

Por otro lado, se ha reportado la capacidad de la monensina en disminuir el total de protozoos en el rumen sin afectar marcadamente su composición (Bergen y Bates, 1984). La importancia de esto radica en que a pesar de que los protozoos contribuyen a la degradación de la fibra, también aumentan el turnover de proteína microbiana en el rumen, lo que reduce la eficiencia de utilización de proteína por el rumiante (Patra y col., 2012). Existen antecedentes también, de que están asociados hasta en un 37% a la metanogénesis ruminal (Patra y col., 2012).

Otros efectos de la monensina en el rumen incluyen la disminución de la degradación de la proteína y la desaminación, resultando en una mejora de la utilización proteica y del metabolismo del nitrógeno (Bergen y Bates, 1984). A su vez, algo muy valorado es la disminución en la producción de ácido láctico y la formación de espuma en el rumen, lo que favorecería la reducción de desórdenes ruminales tales como la acidosis láctica o el meteorismo espumoso (Nagaraja, 1995). Con respecto a la acidosis, la monensina reduce parcialmente este desorden a partir de la inhibición de ciertas bacterias gram positivas lactogénicas, y la no afección de bacterias gram negativas lacto fermentativas, previniendo la acumulación rápida de grandes cantidades de ácido láctico en el rumen (Nagaraja, 1995). A su vez, la incidencia de aparición de este tipo de desorden se ve disminuida por el cambio en el patrón de alimentación, apoyado en la reducción del consumo, que genera la ingesta de cantidades más pequeñas y mejor repartidas durante el día, permitiendo que esta menor variabilidad en el consumo diario resulte en una menor probabilidad de generar grandes acumulaciones de ácidos ruminales, evitando descensos abruptos de pH (Erickson y col., 2003; González y col., 2012). La monensina genera la reducción en el consumo y los cambios de patrones de alimentación, probablemente por factores de palatabilidad y de regulación intrínseca de balance energético (Nagaraja, 1995).

2.3. TANINOS

2.3.1. *Naturaleza y primeros usos*

Los taninos conforman un grupo diverso de productos naturales de variados efectos nutricionales, veterinarios y ambientales de posible impacto en la producción animal (Mueller-Harvey, 2006). Los taninos son polifenoles de las plantas ampliamente distribuidos en la naturaleza y que les sirven como mecanismo de defensa para protegerse de la herbivoría, debido a que son reconocidos como compuestos anti nutricionales que afectan la palatabilidad y la digestibilidad (McMahon y col., 2000). Precisamente, los primeros reportes publicados en las décadas del 60 y 70 sobre los efectos de los fenoles de

las plantas en mamíferos, se los reconocían como compuestos tóxicos en general (Mueller-Harvey, 2006). Estos compuestos se encuentran en las paredes celulares, o dentro de las vacuolas de tallos, cortezas, hojas, flores, semillas, principalmente de plantas dicotiledóneas (Barry, 1989). Bate-Smith y Swain (1962, citados por McMahon y col., 2000) propusieron una definición histórica de los taninos como “compuestos fenólicos solubles en agua con peso molecular entre 500 y 3000, que pueden precipitar alcaloides y proteínas”. Los taninos fueron reconocidos originalmente y utilizados en el procesamiento de las curtiembres, por su habilidad para adherirse a las proteínas de enlaces cruzados en el cuero (McMahon y col., 2000; Mueller-Harvey, 2006). Estos compuestos también se unen a los carbohidratos, como los que están presentes en las glicoproteínas, pero usualmente tienen menos afinidad que con las proteínas (Barry, 1989). A su vez, los taninos tienen distintas afinidades por diferentes proteínas y aminoácidos: por ejemplo, tienden a unirse estrechamente con las proteínas ricas en prolina. Por eso se menciona que las mucoproteínas salivares ricas en prolina son consideradas adaptaciones evolutivas de algunos herbívoros para lidiar con las dietas altas en taninos (McArthur y col., 1995; McMahon y col., 2000). Si bien los bovinos no presentan un aumento en la producción de estas proteínas en respuesta a la ingestión de taninos, sí pueden presentar otras con gran afinidad por estos polifenoles en su saliva (Makkar y Becker, 1998), o se puede dar una reacción por parte de los microorganismos del rumen produciendo polisacáridos extracelulares que formarían luego glicoproteínas con gran afinidad por los taninos (Mueller-Harvey, 2006). Estos mecanismos servirían como estrategia para aplacar los posibles efectos nocivos de algunos taninos.

2.3.2. Clasificación y descripción química molecular

Los taninos se clasifican en hidrolizables (TH) o condensados (TC). Los TH consisten en polifenoles (ácido gálico y/o ácido hexahidroxidifénico) unidos por enlaces éster a una fracción de hexosa, y como su nombre lo indica, pueden ser hidrolizados mediante calentamiento con ácido débil. En contraste, los TC son polímeros de flavan -3-ol

(e.g., catequina) o flavan -3,-4-diol (proantocianidinas) unidos por enlaces C-C o C-O-C a los componentes de variable peso molecular. Estos pueden ser degradados oxidativamente sólo con ácido mineral caliente (Leinmuller y col., 1991). A su vez, los TC se pueden clasificar en base a los patrones de hidroxilación de sus anillos constituyentes. Por ejemplo, las proantocianidinas están subdivididas en procianidinas y prodelfinidinas de acuerdo a sus patrones de hidroxilación del anillo-B. Uniones interflavonoides entre monómeros en las posiciones C-4 y C-8 o C-4 y C-6 extienden y ramifican el polímero (Haslam, 1989). El grupo hidroxilo de los polímeros de TC imparte una fuerte tendencia de unión mediante puentes de hidrógeno entre el tanino y los otros compuestos (Siebert y col., 1996), pero interacciones hidrofóbicas entre los anillos fenoles y las porciones de proteínas o amino ácidos también determinan la fuerza de asociación (McMahon y col., 2000). Los polímeros de TC presentan gran variación en sus monómeros constituyentes, estereoquímica, tamaño de polímero y sus enlaces intermoleculares, además de las dinámicas de su locación, concentración y composición a través de la vida de la planta. Esto afecta, por supuesto, las facilidades del tanino para interactuar con otras moléculas y sus capacidades para adherirse (McMahon y col., 2000; Mueller-Harvey, 2006). En algunas circunstancias puede haber interacciones iónicas y uniones covalentes con los grupos sulfúricos o amino de la proteína. De este modo, los TC se pueden unir a más de un sitio de la proteína y pueden cambiar la conformación de la proteína sustrato, lo que la protegería en el tracto digestivo de la hidrólisis enzimática (McMahon y col., 2000).

2.3.3. Interacción con el microbioma ruminal

Se han reportado cambios importantes en el microbioma ruminal ante la presencia de taninos. Estos compuestos actúan principalmente inhibiendo acciones enzimáticas de los microorganismos, alterando la permeabilidad de las paredes celulares, desestabilizando las membranas citoplasmáticas, y privándolos de sustratos afectando su metabolismo e impidiendo su crecimiento (Patra y col., 2012). En términos generales, los taninos inhiben la actividad de bacterias celulolíticas y proteolíticas, reduciendo la digestión de la fibra y

favoreciendo el uso eficiente de la proteína (Patra y col., 2012). Sin embargo, los cambios son variables según el tipo de tanino y su concentración, así como las diferentes cepas a las que se somete. Algunos ejemplos de bacterias afectadas en su actividad y población por la presencia de TC son del filo firmicutes como *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Streptococcus bovis* y diferentes cepas de *Clostridium* y *Ruminococcus* (Patra y col., 2012). Por su parte, bacterias del filo bacteroidetes como *Prevotella ruminicola* se han visto poco afectadas, e incluso se ha notado un incremento en su actividad en presencia de TC (Jones y col., 1994). Sin embargo, Díaz-Carrasco y col. (2017) identificaron a la *Prevotella* como la más abundante (>40%) dentro del filo de bacteroidetes, pero observaron que se vio reducida su población ante la presencia de una mezcla de taninos condensados e hidrolizables (TCH), mismo producto que el usado en nuestro ensayo. Por otro lado, la clase *Clostridia* fue la más abundante (>90%) dentro del filo firmicutes, donde fue favorecida por la presencia de TCH. Dentro de esta clase, la familia ruminococaceae fue la más numerosa. Estos autores observaron concretamente un aumento en las poblaciones de bacterias del filo firmicutes y una reducción de bacteroidetes por la presencia de TCH, inverso a lo observado en el testigo. Al respecto, sugieren que la competencia por los recursos en el rumen entre ambos filos y la presencia de TCH favorecería a los firmicutes. Las bacterias del género *Butyrivibrio* son las ureolíticas más abundantes, viéndose reducidas por la presencia de TCH, probablemente debido a una menor fuente de recursos a partir de una reducción en la proteólisis ruminal y una menor actividad de las ureasas provocada por los TCH. De la misma manera, bacterias del filo fibrobacteres fueron afectadas por la presencia de TCH (Jayanegara y col., 2015; Díaz-Carrasco y col., 2017; Salami y col., 2018). A su vez, Bae y col. (1993) observaron que el crecimiento de bacterias del filo fibrobacteres como *F. succinogenes* fue afectado sólo a concentraciones muy altas de TC.

De todas maneras, a pesar de las diferencias poblacionales entre bacterias, los TCH no generarían diferencias en la diversidad, que está asociada a la riqueza y variabilidad genética de las poblaciones bacterianas del rumen (Díaz-Carrasco y col., 2017). Esto demuestra la selectividad que presentan los taninos en su interacción con el microbioma, y la resistencia y adaptación por parte de ciertos microorganismos para convivir con su presencia, como por ejemplo, las enzimas tanasas secretadas por algunas bacterias que

degradan a los taninos y los utilizan como fuente de energía (Patra y col., 2012). De igual manera, según el tipo y concentración de taninos se reduce directa o indirectamente las poblaciones de *Archaeas*, por lo que podría verse reducida la metanogénesis (Patra y Saxena, 2010).

Con respecto a los hongos ruminales, se ha sugerido que este grupo participa en la degradación de complejos tanino-proteína, aunque este rol es limitado (Patra y col., 2012). Existen reportes del crecimiento poblacional de los hongos aún en la presencia de TC, y su habilidad de degradación de la fibra es menos sensible a los efectos inhibitorios de los TC comparado con las bacterias celulolíticas (McSweeney y col., 1998).

Algunos reportes como los de Makkar y col. (1995) y Salami y col. (2018), identificaron reducciones en las poblaciones de protozoos por la presencia de TC y TCH respectivamente. Los efectos antiprotozoales de los taninos sugieren efectos benéficos en la mejora de la eficiencia de la utilización de la proteína y la reducción de la metanogénesis, aunque los mecanismos por los cuales los taninos inhiben los protozoos ruminales no están claros (Patra y col., 2012).

2.3.4. Beneficios productivos y antecedentes

A partir de lo anteriormente mencionado, los taninos han sido considerados en base a su potencial modificador de la función ruminal, ya sea optimizando reacciones fermentativas o protegiendo el alimento (especialmente las proteínas) de la degradación microbiana en el rumen, para el posterior aprovechamiento directo del animal desde su absorción en el intestino (Mueller-Harvey, 2006). Esto cobra mayor importancia para el caso de los aminoácidos esenciales ofrecidos en la dieta, teniendo en cuenta que la proteína suele ser el componente más costoso de la dieta de los rumiantes, por lo que su uso debe ser optimizado (McMahon y col., 2000). Este mejor aprovechamiento de la proteína dietaria favorecería un mejor estado nutricional del animal (Jouany y Morgavi, 2007). Precisamente varios autores han reportado el potencial de los TCH para mejorar la eficiencia de uso de la proteína, basándose en la mayor retención de nitrógeno encontrado en sus ensayos

(Mezzomo y col., 2017; Stewart y col., 2019; Martello y col., 2020). Si bien no detectaron mejoras en la retención de nitrógeno, otros autores informaron que a partir de la menor acumulación de amoniaco ruminal generada por los TCH, surgieron cambios en la ruta de excreción del nitrógeno de orina hacia heces (Koenig y col., 2017, 2018; Zhang Xu y col., 2019; Herremans y col., 2020). Esto tiene un impacto ambiental, ya que el nitrógeno fecal es menos volátil que el urinario, debido a que en la orina la urea es rápidamente degradada a nitratos que contaminan el agua y a óxido nitroso que es un poderoso gas de efecto invernadero (Patra y Saxena, 2010; Stewart y col., 2019). Incluso en agricultura se ha evaluado el uso de TCH para tratar los purines destinados para fertilización del suelo, y se han reportado reducciones en la emisión de amonio en un 75-95% (Sepperer y col., 2020). Igualmente, otro efecto de importancia ambiental reportado por parte de los TCH es la mitigación de la emisión de metano entérico de los bovinos (Jayanegara y col., 2015; Aboagye y col., 2018; Stewart y col., 2019). Este efecto está planteado a partir de su acción indirecta disminuyendo la digestión de la fibra y directa a través de la inhibición del crecimiento y actividad de los microorganismos metanogénicos ruminales (Beauchemin y col., 2007; Patra y Saxena, 2010).

Por otro lado, se ha expuesto a los taninos como favorecedores de la síntesis de proteína microbiana, contemplando su acción inhibitoria del crecimiento y actividades de las poblaciones de bacterias proteolíticas, pero sin afectar a las poblaciones de bacterias sintetizadoras de proteína (Patra y Saxena, 2010). Consecuentemente, estas situaciones llevarían a un mayor flujo de nitrógeno no amoniacal hacia el intestino (Barry y Manley, 1984).

El efecto de la utilización de TC en nutrición de rumiantes es dependiente de su concentración dietaria. Al respecto, algunos estudios con *Lotus sp* observaron que niveles bajos de TC mejorarían la utilización de la proteína dietaria por parte de los rumiantes sin afectar el consumo o la digestibilidad de los carbohidratos (Waghorn, 1990; Wang y col., 1994). Otros autores reportaron que altas concentraciones afectarían negativamente el desempeño productivo, reduciendo el consumo de materia seca (CMS) y la digestibilidad (Hervás y col., 2003). No obstante, Pordomingo y col. (2004, 2007) observaron que

concentraciones moderadas de TC de quebracho podrían tener un efecto productivo positivo en comparación con monensina en dietas de terminación. Volpi-Lagrega y col. (2013) concluyeron que la suplementación con TC de quebracho a niveles moderados de 5-10 g/kg de MS en bovinos alimentados en corrales con dietas de alto grano, y en comparación con la monensina, aumentó el CMS, el aumento diario de peso vivo (ADPV) y mejoró el índice de conversión (IC). Estas diferencias a favor de los tratamientos con TC en comparación con la monensina, no serían explicadas por diferencias en la relación acético/propiónico como se había propuesto, sino por el mayor consumo y por la mayor eficiencia de retención de nitrógeno. Precisamente el efecto de los TC sobre el CMS parecería depender de la dosis utilizada (Frutos y col., 2004; Benchaar y col., 2008). En este sentido, algunos autores reportan una depresión en el CMS con la utilización de TC (Landau y col., 2000; Priolo y col., 2000; Hervás y col., 2003), mientras que otros no observaron efecto alguno sobre el CMS (Pordomingo y col., 2004; Beauchemin y col., 2007; Benchaar y col., 2008), o muestran un incremento en el CMS con alto contenido de TC (Woodward y col., 2001; Puchala y col., 2005; Pordomingo y col., 2007). Estos trabajos resaltan la obtención de resultados poco contundentes, debido probablemente a la marcada variabilidad presentada en los distintos experimentos, por la naturaleza química diversa de la fuente de taninos, las diferentes fuentes de proteína y los valores relativos de MS, PB y N sobre los que se expresan las dosis de taninos. Colectivamente, todo esto dificulta el disponer de resultados contundentes que establezcan dosis óptimas de taninos (Jouany y Morgavi, 2007). Particularmente en el estudio de Pordomingo y col. (2004) que comparó la suplementación con TC de quebracho contra la suplementación con monensina en vaquillonas, no se observó depresión del CMS, sino que por el contrario los animales suplementados con TC mostraron un mayor CMS que los suplementados con monensina, en coincidencia con Pordomingo y col. (2007). Más aún, Pordomingo y col. (2004) observaron que el CMS siguió aumentando al incrementarse la concentración de TC de 5 a 10 g/kg MS. De la misma manera encontraron un mayor ADPV y un mejor IC en las vaquillonas que fueron suplementadas con TC respecto a las que fueron suplementadas con monensina.

En los diferentes estudios, la modificación del comportamiento ingestivo de los rumiantes por el suministro de TCH es algo que ha tenido mayor consistencia. En ellos se ha planteado que los efectos de los TCH sobre el CMS pueden explicarse sobre todo por su astringencia, y que animales alimentados con dietas con alto contenido de TCH reducen la duración y el volumen de cada ingesta e incrementan el número de ingestas a lo largo del día (Landau y col., 2000; Santos y col., 2021). Este comportamiento podría reducir la fluctuación diaria del pH ruminal y aumentar el CMS (Soto-Navarro y col., 2000; Pritchard y Bruns, 2003; Schwartzkopf-Genswein y col., 2004). Por este motivo, también se ha planteado a los taninos como potenciales reemplazantes de los ionóforos como la monensina.

Se ha demostrado que algunas clases de taninos forman complejos insolubles con las proteínas, que resisten la fermentación ruminal, lo que disminuye la concentración de amonio en el rumen (Patra y Saxena, 2010). Sin embargo, un exceso en la formación de estos complejos tanino-proteína puede reducir la posterior degradación enzimática en el intestino delgado, lo que reduciría el aprovechamiento de los aminoácidos por el animal (Lorenz y col., 2013). Al respecto, Auil (2011) en su tesis de maestría reportó que fuentes de TH y TC (Castaño y Quebracho respectivamente) suministrados como aditivos a ensilajes de alfalfa, en términos generales afectaron negativamente la digestibilidad intestinal de la proteína no degradada en rumen. Además, observó que la disminución de la degradabilidad ruminal guardó relación con la reducción de la digestibilidad intestinal. Este efecto principal de los taninos sobre las proteínas se basa en su habilidad para formar fuertes uniones por puentes de hidrógeno que son estables en pH entre 3,5 a 8 aproximadamente. Estos complejos que son estables en el pH del rumen, se disocian cuando el pH cae a menos de 3,5 (como pasa en el abomaso donde el pH es de 2,3 a 3) o cuando es mayor a 8 (como pasa en el duodeno que es pH 8), lo que explica mucho de la actividad de los taninos en el tracto digestivo (Mangan, 1988; Hagerman y col., 1992; Mueller-Harvey y McAllan, 1992). Se ha estudiado el efecto de los TC sobre la degradación de la proteína, reportándose básicamente una reducción en la fracción inmediatamente degradable y una reducción de la tasa fraccional de degradación (Aharoni y col., 1998; Frutos y col., 2000; Hervás y col., 2000).

Frutos y col. (2004) relevaron la bibliografía disponible y destacaron que una de las más claras evidencias que demuestran que los taninos reducen la digestibilidad del alimento, es el incremento de la excreción fecal de nitrógeno en dietas con mayor contenido de taninos. Lorenz y col. (2013) reportaron que los taninos en las plantas aumentan la excreción fecal de proteína, dado que las mucoproteínas salivales de algunos animales se unen fuertemente a estos taninos, por lo que resisten a la degradación microbiana y enzimática. Es por esto que el origen de ese aumento de nitrógeno fecal puede ser a partir de complejos formados por los taninos con proteínas de la dieta, paredes celulares de bacterias o secreciones, tejidos del animal o saliva (Mueller-Harvey, 2006).

2.3.5. Reportes de efectos negativos

Algunos autores han reportado que los taninos afectan negativamente la producción animal, como consecuencia de la inhibición de enzimas microbianas y del animal, la prevención de la absorción de nutrientes y la disminución del consumo producto de la reducción en la palatabilidad de la dieta (Kumar and Singh, 1984; Mangan, 1988; Mueller-Harvey y McAllan, 1992). Se ha descrito que algunas clases de TC previenen, o al menos interfieren con el anclaje de los microorganismos del rumen a las partículas de los alimentos, afectando su degradación (Chiquette y col., 1988; McAllister y col., 1994). Algunos estudios (Barry y McNabb, 1999; McSweeney y col., 2001; Hervás y col., 2003) han demostrado que la degradación de la fibra en el rumen puede reducirse drásticamente en los animales que consumen dietas ricas en TC. En contraparte, los TH no afectan la degradación de la fibra puesto que no tienen la misma habilidad para unirse a los carbohidratos estructurales (Deaville y col., 2010).

Asimismo, se ha probado que los complejos tanino-proteína se disocian a pH inferior a 3,5 (pH del abomaso), indicando que el pH al comienzo del intestino (aproximadamente 5.5) permitiría a los complejos tanino-proteína reformarse y por consiguiente impedir la digestión (McNabb y col., 1998). Beauchemin y col. (2007) reportaron que los complejos tanino-proteína permanecen estables al alcanzar el intestino,

disminuyendo así la digestibilidad total de las proteínas. También se atribuye a los cambios en la permeabilidad de la pared intestinal causados por la reacción entre taninos y las proteínas de membrana de las células de la mucosa, la resultante reducción de la absorción de nutrientes, lo que causaría una reducción de la digestibilidad intestinal (Silanikove y col., 2001). Al mismo tiempo, es importante comprender que las consecuencias de la ingestión de TC se acompañan de un aumento en la secreción de proteínas endógenas, tal como las glicoproteínas salivales y enzimas digestivas, así como el incremento de descamación de células intestinales (Mehansho y col., 1987; Waghorn, 1996).

Los rumiantes se podrían beneficiar entonces de los TC dietarios cuando el aumento en el flujo de proteína desde el rumen excede la reducción en la absorción de los aminoácidos en el intestino delgado (Waghorn, 1996). En contraste a lo anterior, se han sugerido tres grandes mecanismos para explicar los efectos negativos de una alta concentración de taninos sobre el consumo voluntario: una reducción en la palatabilidad, una digestión lenta, y el desarrollo de aversiones condicionadas (Frutos y col., 2004). Algunas clases de taninos tienen efecto directo sobre los microorganismos ruminales, alterando la permeabilidad de sus membranas. Además, son agentes quelatadores, y esta característica puede reducir la disponibilidad de ciertos iones necesarios para el metabolismo de los microorganismos del rumen (McMahon y col., 2000). De igual manera, los taninos oxidados se han mostrado como tóxicos para las bacterias metanogénicas (Scalbert, 1991). Como consecuencia, muchas especies de la microbiota del rumen responden a la presencia de taninos alterando su morfología (Bae y col., 1993; Jones y col., 1994; McAllister y col., 1994). Las enzimas microbianas, así como sus proteínas de membrana pueden ser también unidas a los taninos (McMahon y col., 2000), y esta reacción puede llevar a una inhibición de su actividad enzimática (Makkar y col., 1988; Mueller-Harvey y McAllan, 1992; McSweeney y col., 2001).

En base a lo descrito es que muchos autores reportan una reducción en la degradabilidad de la hemicelulosa en presencia de TC (Barry y Manley, 1984; Hervás y col., 2003), aunque esto varía de acuerdo al tanino en cuestión (McAllister y col., 1994). Otro aspecto a considerar es que la mayoría de los estudios que afirman que los taninos afectan negativamente la digestibilidad intestinal fueron hechos mediante ensayos *in vitro*

(Frutos y col., 2004). Algunos autores han indicado que estos test no tienen en cuenta factores como la presencia de sales biliares (Blytt y col., 1988), que pueden actuar como detergentes y prevenir la unión de los taninos a las enzimas digestivas (Frutos y col., 2004). El tipo de tanino afecta la solubilidad de la proteína, aunque es difícil predecir su respuesta, debido a que hay muy poca claridad sobre cómo las diferencias estructurales de los taninos impactan sobre la precipitación de las proteínas (Mueller-Harvey, 2006; Lorenz y col., 2013). La precipitación referida no estaría relacionada con una resistencia a la degradación microbiana, sino a una reducción en la tasa de degradación (Lorenz y col., 2013).

Otro aspecto que se suma a los anteriormente puntualizados, son los relativos al uso de TH, debido a que pueden ser fácilmente degradados por la microbiota ruminal y ser anulados (Frutos y col., 2004). De igual manera, los productos de su degradación podrían absorberse vía intestinal y generar toxicidad (Jouany y Morgavi, 2007), pudiendo llegar a afectar hígado, riñón y generar eventualmente la muerte en casos graves (Mueller-Harvey, 2006).

2.3.6. Otros beneficios reportados

También se ha considerado que los taninos contenidos en las plantas pueden actuar contra los nematodos gastrointestinales. Se ha planteado la influencia de los TC sobre estos parásitos en sus diferentes estadios, y en ellos se ha contemplado la acción paralítica de los músculos faríngeos de la larva parasitaria por parte de los componentes de la planta. Sin embargo, los mecanismos inhibitorios de los metabolitos de las plantas sobre la alimentación de las larvas, no han sido explicados satisfactoriamente hasta el momento (Novobilsky y col., 2011).

Brunet (2008) detectó acciones degenerativas en células intestinales y musculares, así como en la cutícula del parásito usando un microscopio electrónico. A pesar de esto, la principal acción que se sigue contemplando es la de los TC como generadores de parálisis de los músculos faríngeos. Aun así, otras opciones necesitan ser exploradas, entre ellas el efecto de los TC en el desarrollo de las larvas de nematodos bovinos, el cual no ha sido

indagado con profundidad (Novobilsky y col., 2011). Estos mismos autores realizaron el primer reporte de los efectos vermífugos de los TC contra los nematodos bovinos.

Por otro lado, estudios como el de Min y col. (1999), reportan que debido al aumento en la disponibilidad de proteína por el uso de TC (17 g/kg MS), se pueden ver beneficiadas las tasas de ovulación de los animales, y por lo tanto los índices reproductivos.

Otros estudios, han buscado identificar la posible acción de los taninos en el favorecimiento de la generación de ácido linoleico conjugado (CLA), que se da a partir de la biohidrogenación en el rumen. Estos estudios plantean que los taninos tienen una inhibición selectiva por ciertos grupos de bacterias, favoreciendo a otros que proveen de manera más eficiente los CLA. Sin embargo, sigue habiendo una información limitada al respecto (Patra y Saxena, 2010).

Otros aportes que se han hecho se basan en la habilidad de los TC para reducir la incidencia de timpanismo. McMahon y col. (2000) plantearon que bajos niveles de TC mejoraría la utilización de la proteína y podría disminuir la incidencia de timpanismo, sin afectar el consumo y la digestibilidad. Estos autores explican que, al unirse los TC a las proteínas en el fluido ruminal, reducirían la capacidad de éstas para formar espuma estable característica de este trastorno digestivo. Adicionalmente, los taninos podrían modular la hidrólisis ruminal del almidón, al reducir la degradación de la matriz proteica que rodea los gránulos del almidón. Esto podría reducir la ocurrencia de desórdenes metabólicos en rumiantes que consumen dietas con alta concentración de granos (Martínez y col., 2005, 2006).

Al respecto, como se observó en el estudio de Volpi-Lagrega y col. (2013), uno de los principales efectos evidenciados con la utilización de TC es la reducción en la degradabilidad ruminal de la MS y un descenso en la concentración de N-NH_3 . Por tanto, se observó que la concentración de N-NH_3 ruminal fue mayor en los animales suplementados con monensina que en los suplementados con TC. En este sentido, Pordomingo y col. (2003) reportaron una mejora en la eficiencia de uso del nitrógeno con dietas suplementadas con 25 g/kg MS de TC. Esta menor concentración de N-NH_3 en los animales suplementados con TC indicaría una menor degradabilidad de la PB en el rumen, y por ende, un mayor flujo de PB al duodeno (Frutos y col., 2004; Beauchemin y col., 2007).

2.3.7. Uso conjunto de taninos condensados e hidrolizables

Finalmente, se debe puntualizar qué si bien aún restan bases científicas, se han hecho algunos aportes sobre el uso simultáneo de ambas fuentes de taninos como parte del suplemento de bovinos de carne en sistemas intensivos. Al respecto, Barajas y col. (2012) reportaron que usando TCH, a dosis de 0,3% MS, adicionada en una dieta a base de grano de sorgo en animales de feedlot, se disminuyó el nitrógeno ureico plasmático y mejoró el ADPV y el rendimiento productivo de los animales. De igual manera, Barajas y col. (2011) observaron un aumento del 6% en el CMS y una mejora en el rendimiento de los animales suplementados con estos mismos TCH a una concentración de 0,3% MS en una dieta de terminación a corral pero a base de maíz. Por su parte, Camacho y col. (2011) concluyeron que la suplementación con esta misma mezcla de taninos a concentración similar (0,32% MS) en dietas concentradas en novillos, mejoraron el peso de la carcasa y el área de ojo de bife, sin afectar el resto de rasgos deseables. Bajo estas mismas condiciones, Arechiga y col. (2011) encontraron aumentos en el peso de carcasa y reducción del contenido graso en dieta adicionada con TCH. Pasinato y col. (2013) no encontraron diferencias en el consumo, pero sí observaron mejores rendimientos productivos en novillos engordados a corral suplementados con TCH. En este mismo ensayo, evaluaron el suministro conjunto de taninos con monensina y se evidenciaron efectos positivos en la respuesta productiva. Tabke (2014) en su tesis de maestría concluyó que la adición de esta combinación de ambas fuentes de taninos en el suplemento de novillos de feedlot con dieta de terminación a base maíz, generó mayores consumos al inicio de la fase, y se observó una mayor digestibilidad de la materia orgánica (MO) con una mejor digestibilidad de la fibra. De igual manera, no se observaron efectos negativos en las características de la carcasa. La mejora en la digestibilidad y en la eficiencia de uso del alimento inducida por la adición de taninos a las dietas de los rumiantes ha sido atribuida a su habilidad para precipitar proteínas, permitiendo un bypass a la digestión ruminal y mejorando la disponibilidad de proteína a nivel del intestino delgado. Sin embargo, el bypass ruminal no podría explicar por completo

la mejora en el desempeño productivo asociado a la adición de taninos en las dietas (Díaz-Carrasco y col., 2017). A su vez, estudios *in vitro* han demostrado que la suplementación con fuentes de TCH a concentraciones de 5% tiene el potencial de reducir la producción de metano y la degradación de proteína ruminal, con los mínimos efectos negativos sobre la eficiencia de la fermentación ruminal (Hassanat y Benchaar, 2012).

2.4. CONCLUSIÓN

Existen antecedentes bibliográficos con respecto al uso de taninos como suplemento en animales en engorde, sólo que algunos resultan poco concluyentes y otros contradictorios, demostrando las múltiples variables que existen en el abordaje de este tema y los muchos campos que quedan aún por esclarecer. Particularmente, uno de los vacíos evidentes existentes en el conocimiento de estos compuestos radica en la puesta a prueba a campo con gran número de animales en sistemas intensivos eficientes y estandarizados, donde se puedan evaluar los impactos productivos a gran escala. A su vez, ha sido poco probada la integración de ambas fuentes de taninos (hidrolizables y condensados) en sistemas de engorde a corral.

3. EXPERIMENTO

3.1 INTRODUCCIÓN

El uso de aditivos como promotores de crecimiento es una variante ampliamente usada en sistemas intensificados con dietas de alta energía. En Argentina está prohibido el uso de implantes anabólicos, pero si están autorizados los antibióticos ionóforos para ser incorporados como aditivos en las raciones de los bovinos. En estas, el ionóforo más comúnmente utilizado es la monensina. Sin embargo, hay mercados, como el de la Unión Europea que regularon estos antibióticos, motorizando la búsqueda continua de alternativas con modos similares de acción y respuesta zootécnica. En este sentido, se han probado diversas opciones, como los extractos de plantas, las levaduras, los ácidos orgánicos, productos buffers, etc.

Dentro de estas opciones, los taninos resultan ser una alternativa interesante, basados en algunos ensayos previos con resultados promisorios (Barajas y col., 2011, 2012; Camacho y col., 2011; Arechiga y col., 2011; Pasinato y col., 2013; Tabke, 2014), donde se reportaron mejoras en el rendimiento productivo a partir de mayores ADPV, CMS, IC, así como en el peso y calidad de carcasa. Igualmente, demostraron una mayor digestibilidad de materia orgánica, mejor eficiencia de uso de la proteína y reducciones en la producción de metano. Adicionalmente, al ser reconocidos como compuestos naturales posibilitaría el ingreso de los productos cárnicos a los mercados más exigentes, siendo además bien percibidos por los consumidores.

En función de lo expuesto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del reemplazo de monensina sódica por taninos (mezcla de condensados e hidrolizables) en dietas de terminación a corral sobre el desempeño productivo, la conversión de alimento, el rendimiento y calidad de carcasa.

Bajo las condiciones de este experimento se permite hipotetizar que los taninos suministrados en la dieta a dosis moderadas (0,3% MS), permitirán mantener o mejorar el índice de conversión alcanzado con monensina.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Estancia “Los Tambos”, que posee un feedlot abierto ubicado en el partido de Hipólito Yrigoyen, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Se encuentra en las coordenadas -36.1298858 y -61.5004409, y a una altitud media de 102 msnm. La temperatura media anual es de 15°C, media máxima de 21,7°C y media mínima de 9,8°C. La humedad relativa media anual es de 74% y la pluviosidad media anual es de 1061 mm. El predio se encuentra a aproximadamente 370 km de distancia de la Ciudad de Buenos Aires.

Para este estudio se utilizaron predominantemente razas Angus, Hereford y cruza de ambas. Se utilizaron 1200 novillos (PV= 307 +/- 24 kg) de edad promedio de 18 meses, debidamente identificados con caravanas electrónicas y provenientes de un mismo planteo de recría, perteneciente a la compañía. Los animales fueron distribuidos al azar en 8 corrales (150 novillos por corral) y asignados a uno de dos tratamientos: dieta con monensina (MON) y dieta con taninos (TAN). Ambos tratamientos recibieron la misma ración, donde la única diferencia fue la inclusión de monensina (Rumensin®, Elanco Animal Health, Clinton, IN, EEUU) a una dosis de 330mg droga pura/animal/d o taninos como aditivo, mezclados dentro del suplemento mineral. La fuente de taninos fue ByPRO® (Silvateam, Buenos Aires, Argentina), que contiene 72% de TC (Quebracho, *Schinopsis spp.*) y 28% de TH (Castaño, *Castanea spp.*) a una dosis de 0,3% MS. La ración se formuló en base a ingredientes comúnmente utilizados en este corral de terminación a base de grano de maíz, silaje de maíz, y pellet de girasol. El maíz fue partido con una partidora a rodillos (Richiger Maquinarias, Sunchales, Sta Fe, Argentina). El índice de procesamiento buscado fue 0,85 (a mismo volumen, el peso de grano partido/peso de grano entero). En la Tabla 1 se reporta la composición de la dieta para cada tratamiento y fase de alimentación.

Tabla 1. Composición de ingredientes de la ración para cada tratamiento (Testigo = Monensina vs. Tanino) y fases de alimentación (Fases inicial, intermedia y final).

	Fases de Alimentación ¹					
	Inicial		Intermedia		Final	
	MON ²	TAN	MON	TAN	MON	TAN
Composición de Raciones, % MS						
Silaje de maíz	56,0	56,0	39,8	39,8	15,9	15,9
Maíz procesado	20,0	20,0	44,9	44,9	73,8	73,8
Expeller girasol	22,5	22,5	13,0	13,0	7,70	7,70
Urea	-	-	0,69	0,69	0,90	0,90
Núcleo Monensina	1,5	-	1,65		1,65	
Núcleo Taninos		1,5		1,65		1,65

¹ Fases de alimentación: Inicial= 0 – 10 d, Intermedia= 11 – 18 d, Final = 19 – 119 d.

² MON = monensina; TAN = taninos.

Al arribo al feedlot y por dos días consecutivos, todos los animales fueron alimentados con una dieta de alfalfa henificada, picada y embolsada. Posteriormente, los corrales de ambos tratamientos se alimentaron durante 10 d con una dieta Fase inicial (Tabla 1), luego continuaron por 7 d con una dieta Fase intermedia, para pasar finalmente a la dieta final por 100 d (Tabla 1), hasta su terminación. El PV individual se registró al ingreso (abril de 2017), al d 75 (julio de 2017) y a la salida (agosto de 2017). Los animales llegaron del propio campo de cría a 144 km del feedlot. Los pesos vivos fueron tomados de la siguiente manera: Al ingreso, se les pesó sin desbaste al momento de colocarles la caravana electrónica. Para el pesaje intermedio, se pesó 1 corral de cada tratamiento por día, a la mañana temprano y antes de darles de comer. Se les realizó un desbaste del 3%. El pesaje final fue luego de 18 hs de ayuno, más el 3% de desbaste. La modalidad de este encierre es “all in, all out”, con lo que tanto las entradas como salidas del corral se realizan para todos los animales dentro de ese corral en el mismo momento.

El consumo se estimó diariamente por lectura de comedero, y se cuantificó mediante la diferencia entre el alimento entregado y el rechazado. El objetivo, dado el carácter comercial del campo, fue que la lectura de comederos arrojara un resultado de “Justo” en la mañana temprano (solamente presencia de “migajas” de comida). A su vez, se determinó la

ganancia de peso por corral y se efectuó análisis químico de los alimentos de cada corral por separado a los 20 y 80 d de iniciada la prueba, determinándose los porcentajes de materia seca (MS; AOAC Official Method #930.15, AOAC, 1995), materia orgánica (MO; AOAC Official Method #942.05, AOAC, 1995), proteína bruta (PB; AOAC Official Method #991.20, AOAC, 1990), fibra insoluble en detergente neutro (FDN; Van Soest y col., 1991), fibra insoluble en detergente ácido (FDA; AOAC Official Method #973.18, AOAC, 1997), digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS; Tilley y Terry, 1963), y la concentración de energía metabolizable (EM; Mcal/kg MS), obtenida mediante ecuación ($3,608 \times \text{DIVMS}$).

Tabla 2. Composición química de las dietas (media $\pm$ desvío estándar) en la fase inicial (0-10 d), intermedia (11-18 d) y final (d 19 en adelante).

Items	Inicial	Intermedia	Final
Materia seca, %	51,9 $\pm$ 2,9	56,7 $\pm$ 6,7	71,1 $\pm$ 4,6
DIVMS ¹ , %	78,5 $\pm$ 3,2	81,9 $\pm$ 5,4	82,9 $\pm$ 7,0
EM ² , Mcal/ kgMS	2,8 $\pm$ 0,1	2,9 $\pm$ 0,2	2,9 $\pm$ 0,2
PB ³ , % MS	19,3 $\pm$ 5,7	13,9 $\pm$ 3,1	14,1 $\pm$ 2,2
FDNa ⁴ , % MS	26,1 $\pm$ 4,0	21,2 $\pm$ 3,8	21,6 $\pm$ 5,0
FDAa ⁵ , % MS	7,2 $\pm$ 1,4	5,7 $\pm$ 1,3	5,6 $\pm$ 2,4
¹ Digestibilidad in vitro MS ² Energía metabolizable ³ Proteína bruta ⁴ Fibra detergente neutro ⁵ Fibra detergente ácido			

Los animales fueron manejados para las distintas actividades, desde su recibimiento hasta su salida, en una manga de madera y un brete neumático digitalizado. Dispusieron de monitoreo sanitario por parte del médico veterinario del establecimiento durante toda su estadía, pero no hubo necesidad de implementar tratamientos curativos. A su vez, todos a su llegada fueron tratados con Sulfóxido de albendazol 10% (2,5 mg/kg PV), Ivermectina 1% (200 mcg/kg PV), y pour on de cipermetrina 5 g/L (10 ml/animal) para parásitos internos y externos.

Se manejó un protocolo sanitario por corral, en el cual, al observarse más de cinco animales enfermos, se haría metafilaxia y se tratarían todos los individuos del corral, siempre y cuando tuvieran 60 o menos días de llegados al establecimiento, de manera de respetar los tiempos de retiro de los medicamentos. En ese caso los animales enfermos y tratados serían identificados con una caravana específica.

El alimento fue suministrado en 3 raciones diarias: dos a la mañana (60%), y una a la tarde (40%). El protocolo de suministro estuvo debidamente estandarizado, con personal, equipos y vehículos siempre a disposición, y con horarios establecidos para evitar cualquier contingencia o fuente de variación. Todos los animales recibieron agua a voluntad y de calidad, proveniente de pozo profundo y potable para consumo humano. El establecimiento recibe auditorías cada 3 meses para el cumplimiento de las normas de la cuota 481 (Contingente de carne enfriada de alta calidad con destino a Europa).

Todos los animales de cada corral salieron juntos el mismo día (“cosecha de corral”). Se concertó con el frigorífico el envío de al menos un corral de cada tratamiento en cada día de faena, para evitar el efecto “día”. Se realizaron 4 envíos diferentes, pero siempre hubo un corral (4 jaulas) de cada tratamiento involucrado en cada día. Los horarios de llegada al frigorífico fueron en la tarde anterior al día de faena. Los descansos al llegar a la planta correspondieron a lo que la industria, y particularmente el jefe de faena dispusieran. En el frigorífico se midieron los rendimientos a la faena y las incidencias de abscesos hepáticos. El PV para rendimiento fue el peso de frigorífico. A su vez, se tipificaron las canales basado en la normativa vigente al momento del sacrificio (Resolución J-378/73 de la ex Junta Nacional de Carnes [JNC], ONCCA, MAGYP) obteniéndose la nota de aprobación para la cuota 481. Para el caso de novillos, dicha tipificación determina el grado de conformación (relación músculo-hueso) por medio de las letras JJ y U2, siendo de mejor a peor: JJ, J, U, U2, N, T y A. El equivalente en los novillos es AA, A, B, C, D, E y F. Por su parte, los números se refieren a la terminación del animal y se ordenan de 0 a 4 de acuerdo al grado de gordura. El grado 0 es rechazado para consumo, 1 y 2 son comercialmente ideales y los grados 3 y 4 son pasados de gordura. La clasificación para la aprobación se hace a partir de determinación de la madurez (edad) de la canal y la probable palatabilidad de los cortes, a partir de la osificación de los huesos y

cartílagos, así como color, textura, firmeza de musculo y grasa intramuscular (Santamaría, 2015). El peso de carcasa se tomó en caliente, en el palco de tipificación. Hubo un extravío de los datos de algunas jaulas en el frigorífico y para el análisis no se pudo contar con la información de faena de dos de las ocho tropas del ensayo, una correspondiente al tratamiento y la otra al testigo. A pesar de ello, los datos fueron suficientes para ser analizados.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico individual y por corrales mediante un análisis de varianza anidado o arreglo jerárquico, a partir de un diseño completamente aleatorizado (DCA) jerárquico en un modelo mixto, donde el factor fijo fue el tipo de dieta (MON y TAN). Cada tratamiento tuvo cuatro réplicas, por lo que en total fueron 8 unidades experimentales (corrales; $n = 4$). A su vez, cada uno de los 150 animales debidamente identificados que comprendían cada corral formaron parte del factor aleatorio del modelo, el cual tuvo a los corrales anidados a un tratamiento que fue asignado aleatoriamente. Las variables respuesta del modelo fueron: ganancia de peso, consumo, índice de conversión y rendimiento. El modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_{j(i)} + \epsilon_{(ij)k}$$

i: 1, 2 (Tratamientos)

j: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (Corrales)

k: 1, 2, 3...150 (Animales/Corral)

Donde:

Y_{ijk} : Observación en el k-ésimo animal correspondiente al j-ésimo corral anidado al i-ésimo tratamiento.

μ : Es el promedio general si no se hubiese aplicado ningún tratamiento.

T_i : Efecto del i-ésimo tratamiento.

$\beta_{j(i)}$: Efecto del j-ésimo corral anidado en el i-ésimo tratamiento.

$\epsilon_{(ij)k}$: Error aleatorio correspondiente a la k-ésima observación correspondiente al i-ésimo tratamiento y al j-ésimo corral anidado en el i-ésimo tratamiento.

Como supuestos para el diseño se tuvo que:

$\epsilon_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$: Donde ϵ_{ijk} deben ser independientes y estar normalmente distribuidos, con una media de 0 y una varianza σ^2 .

Los supuestos se estudiaron mediante los residuales:

$$e_{ijk} = y_{ijk} - \hat{y}_{ijk} = y_{ijk} - \bar{y}_{ij}.$$

Las pruebas de hipótesis del diseño fueron las siguientes:

Para efecto fijo:

- $H_0 : T_1 > T_2 \quad i = 1, 2$ donde el efecto de la suplementación con taninos (2) sobre la variable respuesta es menor a la del tratamiento testigo (1).

$H_1 : T_1 \leq T_2 \quad i = 1, 2$ donde el efecto de la suplementación con taninos (2) sobre la variable respuesta es mayor o igual a la del tratamiento testigo (1).

- $H_0 : \beta_{1(i)} = \beta_{2(i)} = \dots = \beta_{b(i)} \quad j = 1, \dots, b$ donde los efectos de los corrales anidados al tratamiento son iguales

H_1 : Al menos un $\beta_{j(i)}$ difiere de los restantes

Para efectos aleatorios:

- $H_0 = \sigma^2_{\tau} = 0$ donde el aporte de la variabilidad de los tratamientos a la variable respuesta es igual a 0
 $H_1 = \sigma^2_{\tau} > 0$ donde el aporte de la variabilidad de los tratamientos a la variable respuesta es mayor a 0
- $H_0 = \sigma^2_{\beta} = 0$ donde el aporte de la variabilidad de los corrales es igual a 0
 $H_1 = \sigma^2_{\beta} > 0$ donde el aporte de la variabilidad de los corrales es mayor a 0

Previo a realizar los análisis estadísticos, se comprobó el cumplimiento de los supuestos de normalidad de los residuales (prueba de Shapiro-Wilks) y de homogeneidad de varianzas entre tratamientos (prueba de Levene).

El análisis estadístico se hizo con InfoStat (Di Rienzo y col., 2018). El análisis de consumo fue presentado a partir de medidas repetidas en el tiempo, por medio de una separación de los momentos de la fase de engorde en cuartos (30, 60, 90 y 120 d), teniendo un análisis general de la fase de engorde y luego análisis individuales por cada cuarto, analizados a su vez en 4 momentos separados entre sí por semana, de manera de tener en cuenta el efecto de la evolución del consumo en el tiempo para los distintos tratamientos, permitiendo analizar la dinámica y los puntos de inflexión de la curva de patrón de consumo. Este análisis fue realizado a partir de un análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo, donde se tuvo en cuenta el efecto de la evolución del consumo en el tiempo para los distintos tratamientos, y luego fueron comparadas las medias de los tratamientos con prueba de Tukey. Por su parte, para el resto de las variables evaluadas se cumplió con el análisis de varianza anidado a partir del diseño completamente aleatorizado en un modelo mixto. Las medias de los tratamientos para las variables de conversión, mortandad, aprobación de cuota 481, rendimiento a faena y conversión de carcasa fueron comparadas con prueba T para muestras independientes. Por su parte, las medias de los

tratamientos para las variables ADPV, peso inicial, peso intermedio (75 días), peso final y ganancia de peso total fueron comparadas con la prueba de comparaciones múltiples de Fisher (LSD Fisher). El análisis para la tipificación de las canales fue realizado mediante la prueba de homogeneidad de Chi Cuadrado (χ^2). Las diferencias entre tratamientos fueron declaradas como significativas cuando $P < 0,05$, y tendencias cuando $P < 0,10$.

3.3. RESULTADOS

No hubo interacción entre los distintos momentos del ensayo y los tratamientos ($P = 0,17$), no obstante se observó un menor consumo para ambos tratamientos al comienzo y al final del ensayo (primer y último cuarto). El CMS promedio fue significativamente mayor en TAN que en MON ($P = 0,01$; Tabla 3).

Tabla 3. Consumo promedio de materia seca (kg/día) de dietas de feedlot adicionadas con taninos o monensina (Testigo). Datos de todo el período experimental.

Dieta													
MON ¹					TAN					P-valor			
Días de alimentación ²										EEM	Trat	EEM	Trat*Mom
30	60	90	120	Media	30	60	90	120	Media				
CMS, kg MS /anim/d													
8,9	10,9	11,1	10,6	10,4	9,8	12,3	12,4	10,8	11,3	0,20	0,01	0,38	0,17

¹ MON= monensina; TAN= taninos

² Días de alimentación: 30, 60, 90, 120.

Los tratamientos no fueron afectados por la interacción Trat * Momento para ninguno de los cuartos evaluados a lo largo de todo el ensayo ($P > 0,52$; Tabla 4).

Para el primer cuarto del ensayo (d 0-30), el CMS fue mayor en TAN que en MON ($P = 0,02$). En este primer cuarto fue evidente el menor consumo para ambos tratamientos al comienzo (7 d) con respecto a los demás días de este análisis (14, 22, 30; Tabla 4).

Para el segundo cuarto del ensayo (d 37-60), se mantuvo el mayor consumo del tratamiento TAN ($P = 0,02$; Tabla 4). Sin embargo, se hizo evidente un aumento progresivo en el CMS con el pasar de los días para ambos tratamientos en este cuarto del ensayo.

Entre los días 67 a 90 del ensayo, el tratamiento TAN mantuvo un mayor consumo que MON ($P = 0,03$; Tabla 4). En contraste a los otros períodos, se observó un descenso en el consumo de ambos tratamientos hacia el día 82, tendiendo a una nivelación hasta el día 90. En el último cuarto del ensayo (d 97-120), no se detectaron diferencias en el consumo entre los tratamientos ($P = 0,71$; Tabla 4). Continuando con la tendencia observada en el tercer cuarto, se hizo evidente un descenso progresivo en el consumo con el pasar de los días para ambos tratamientos en este último cuarto, siendo este descenso más marcado hacia la última semana (días 112-120).

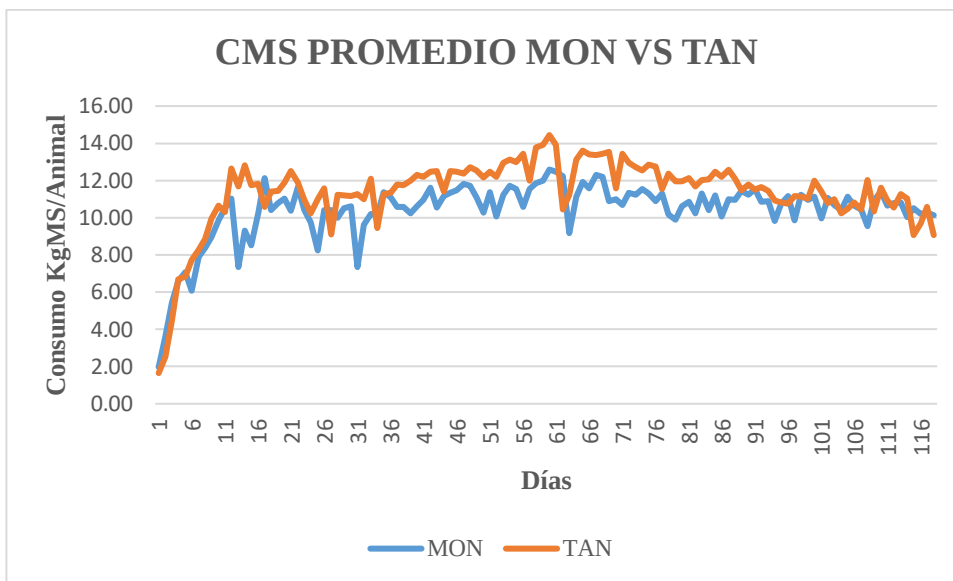
Tabla 4. Consumo promedio de materia seca (kg/día) de dietas de feedlot adicionadas con taninos o monensina (testigo). Datos del período experimental diferenciado por cuartos (0-30d, 37-60d, 67-90d y 97-120 d).

Tiempo (Días) ¹	Dieta		<i>P</i> -valor			
	MON ²	TAN				
	kg MS/animal/d	EEM	Trat	EEM	Trat*Mom	
7	5,5	5,5				
14	9,3	10,9				
22	10,6	11,7	0,18	0,02	0,76	0,52
30	10,0	10,8				
Media 1er cuarto	8,9	9,7				
37	10,1	11,2				
44	10,8	12,1				
52	11,1	12,4	0,28	0,02	0,43	0,78
60	11,6	13,3				
Media 2do cuarto	10,9	12,2				
67	11,5	12,7				
74	11,3	12,9				
82	10,6	12,1	0,35	0,03	0,31	0,68
90	10,9	12,1				
Media 3er cuarto	11,1	12,5				
97	10,7	11,3				
104	10,8	11,1				
112	10,7	10,9	0,40	0,71	0,36	0,71
120	10,2	10,0				
Media 4to cuarto	10,6	10,8				

¹ Tiempo (Días): 1er cuarto (7, 14, 22, 30 d), 2do cuarto (37, 44, 52, 60 d), 3er cuarto (67, 74, 82, 90 d), 4to cuarto (97, 104, 112, 120 d).

² MON = monensina; TAN = taninos

El gráfico 1 muestra la dinámica del CMS durante todo el período de encierre a corral para los tratamientos MON y TAN.



La Tabla 5 muestra los resultados del desempeño productivo de los animales. Como era de esperar no hubo diferencias en peso inicial ($P= 0,60$), evidenciando un reparto homogéneo de los animales en el ensayo. Tampoco hubo diferencias en el porcentaje de mortandad de los animales que comprendieron el experimento ($P= 0,54$).

Con respecto al ADPV, no se detectaron diferencias entre los tratamientos ($P= 0,59$), con un ADPV promedio de 1,21 kg/d y 1,24 kg/d para los animales consumiendo TAN y MON, respectivamente (Tabla 5). Existió una tendencia ($P= 0,07$) hacia un mejor IC en MON (8,41 kg MS/kg ADPV vs 9,44 kg MS/kg ADPV, respectivamente). No se evidenciaron diferencias entre los tratamientos ($P= 0,81$) en el PV observado a los 75 días de iniciada la prueba. De igual manera, los animales salieron a faena con significativamente similar peso final ($P= 0,99$), por lo que para la ganancia total tampoco se manifestaron diferencias ($P= 0,49$; Tabla 5).

En el frigorífico, si bien los animales TAN mostraron numéricamente un mayor porcentaje de calificación para la cuota 481 (85,72% vs. 82,39%), las diferencias no

alcanzaron significancia ($P= 0,74$). En cuanto al rendimiento a faena, no hubo efectos sobre esta característica ($P= 0,97$), tampoco hubo sobre el peso de carcasa ($P= 0,89$), pero la conversión de kg de MS consumidos a kg de carcasa evidenció una tendencia a una peor conversión del tratamiento con taninos ($P= 0,09$; Tabla 5). La incidencia de abscesos hepáticos en el frigorífico para ambos tratamientos fue de cero (0).

Tabla 5. Desempeño productivo de novillos de feedlot alimentados con dietas con taninos (Tan) o con monensina (Mon) como aditivo.

Variable	Tratamiento				P-valor
	MON	EEM	TAN	EEM	
Peso inicial (kg)	305,1	4,85	308,8	4,85	0,61
Peso a los 75 días (kg)	446,3	7,23	448,9	7,12	0,82
Peso Final (kg)	453,3	7,13	453,5	7,13	0,99
Mortandad (%)	0,35	0,20	0,68	0,47	0,55
Consumo (kg MS/anim)	10,39	0,2	11,34	0,2	0,02
Ganancia Total (kg)	148,7	3,9	144,6	3,9	0,49
ADPV (kg)	1,24	0,04	1,21	0,04	0,59
Conversión (kg/kg MS)	8,41	0,18	9,44	0,44	0,07
Aprobación Cuota (%)	82,39	5,01	85,72	7,95	0,74
Rendimiento a faena (%)	57,53	0,10	57,54	0,45	0,97
Peso carcasa (kg)	127,63	3,15	128,13	1,54	0,89
Conversión de carcasa (kg/kg MS)	11,29	0,32	12,69	0,55	0,09

El gráfico 2 muestra las distribuciones de ADPV para cada tratamiento según las frecuencias relativas de los nueve rangos establecidos en este ensayo (0-0,25, 0,26-0,5, 0,51-0,75, 0,76-1, 1,1-1,25, 1,26-1,5, 1,51-1,75, 1,76-2 y 2,1-3 kg/d). Se puede apreciar que ambos tratamientos tuvieron un comportamiento similar, donde el ADPV del 95% de sus individuos estuvo comprendido entre 0,76 y 1,75 Kg, y cerca del 70% en ganancias diarias entre 1 y 1,5 Kg.

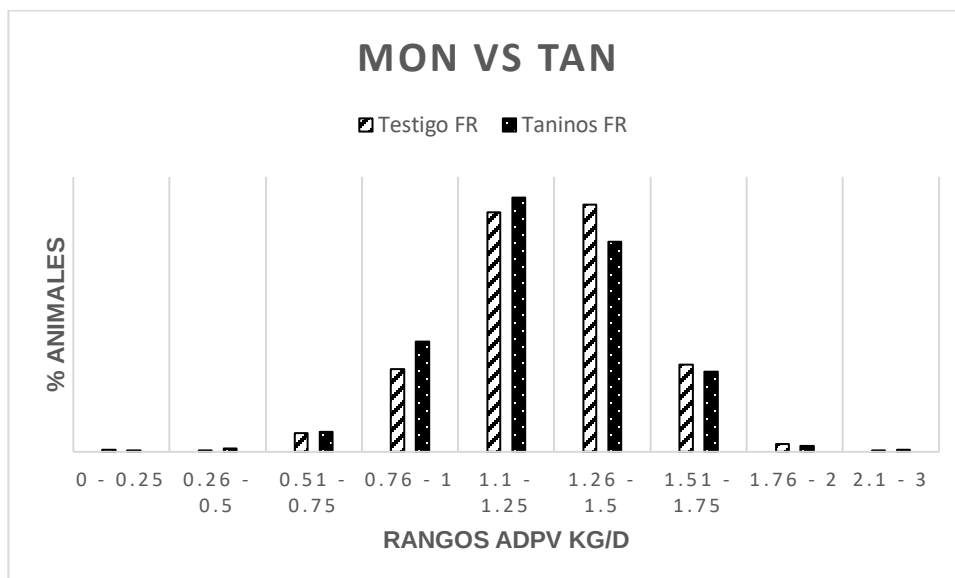


Gráfico 2. Distribución de las frecuencias relativas del tratamiento taninos y el testigo (monensina) para los diferentes rangos de ADPV establecidos.

La Tabla 6 muestra los resultados de la tipificación de las canales (Novillo/Novillito), discriminando la distribución de las frecuencias absolutas para las diferentes calificaciones reportadas por el frigorífico. En la Tabla 7 se evidencia que hay un comportamiento homogéneo para ambos tratamientos, demostrando que no hubo efecto sobre esta variable ($P= 0,20$).

Tabla 6. Distribución de frecuencias absolutas para la tipificación de las canales (Novillo/Novillito) de los animales alimentados con taninos o con monensina (Testigo). Aclaración: Se extraviaron los datos de faena de dos tropas, una correspondiente al grupo taninos (152 animales) y otra al testigo (149 animales).

Tratamiento	J2/A2	U1/B1	U2/B2	U3/B3	U21/C1	U22/C2	Total
MON	11	25	316	7	15	75	449
TAN	15	15	330	2	10	72	444
Total	26	40	646	9	25	147	893

Tabla 7. Prueba de homogeneidad por medio de Chi cuadrado Pearson para la tipificación de las canales de los novillos alimentados con taninos o con monensina (Testigo).

Prueba de homogeneidad por χ^2			
Estadístico	Valor χ^2	gl	P - valor
Chi Cuadrado Pearson	7,23	5	0,20
Prob $X \leq x = 0,95$ Prob $X > x = 0,05$ $\alpha = 0,05$ valor de $X = 11,07$			

El gráfico 3 muestra las distribuciones de la tipificación de las canales (Novillo/Novillito) para cada tratamiento según las frecuencias relativas de las seis calificaciones reportadas. Se puede apreciar que ambos tratamientos tuvieron un comportamiento similar, donde más del 70% de los animales se vieron representados por la calificación U2/B2, viéndose una distribución uniforme para el resto de calificaciones.

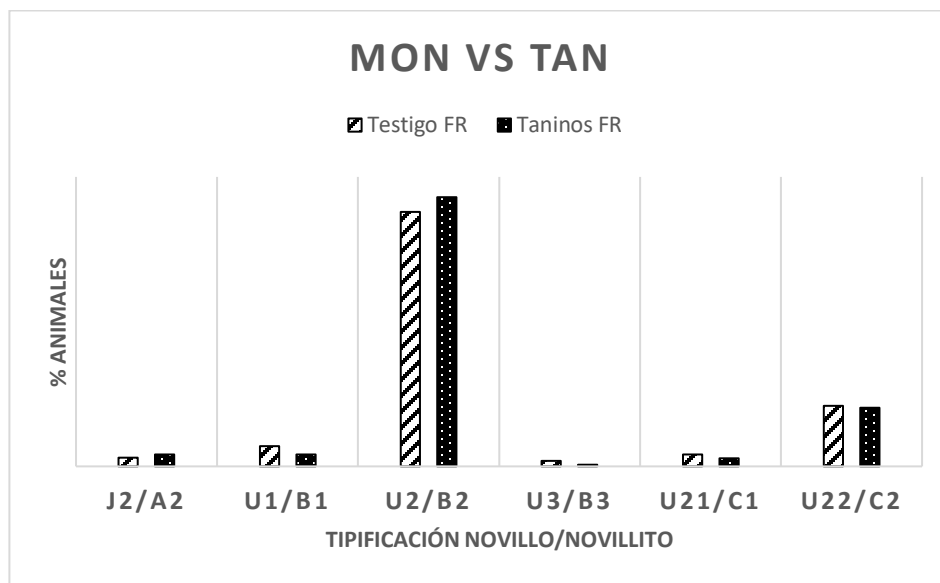


Gráfico 3. Distribuciones de las frecuencias relativas del tratamiento taninos y testigo (monensina) para las diferentes categorías de tipificación (Novillo/Novillito) de las canales en el experimento.

3.4. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de sustituir a la monensina por una mezcla de taninos (condensados e hidrolizables) como aditivo en la formulación de dietas de terminación sobre la ganancia de peso, el consumo, el índice de conversión y el rendimiento a faena de novillos en un feedlot comercial.

Como resultados de mayor relevancia emergen los efectos sobre el consumo y el índice de conversión. Se observó que el tratamiento TAN evidenció un mayor CMS, y que al obtener similares ganancias de ADPV, el IC tendió a empeorar respecto a MON.

3.4.1 Consumo

El mayor CMS observado en el tratamiento TAN respecto a MON podría coincidir con el estudio de Barajas y col. (2011), quienes reportaron un aumento del 6% en el CMS de animales suplementados con 0,34% MS de una mezcla de taninos condensados e hidrolizables en una dieta de terminación a corral. Asimismo, Tabke (2014) observó un crecimiento lineal en el CMS y consumo de materia orgánica (CMO) en feedlot usando dietas de terminación a base de maíz y con una inclusión de 0,3% y 0,6% de la misma fuente de taninos del presente ensayo, aunque esto fue en detrimento de la digestibilidad de la MO, PB y el almidón. De la misma forma, Rivera-Méndez y col. (2017) observaron un aumento del 7,1% en el CMS con una dieta de terminación a corral a base de maíz adicionada con una mezcla de taninos condensados e hidrolizables a una dosis de 0,6%, donde el control era suplementado con monensina. Estos autores también reportaron un efecto mayor en el consumo cuando se usó esta mezcla de ambas fuentes de taninos, que cuando se usaron por separado, y aunque la base de este efecto de los taninos sobre el consumo aún es poco entendida, lo atribuyeron como independiente del potencial efecto de los taninos sobre la proteína metabolizable.

Landau y col. (2000) hipotetizaron que animales alimentados con dietas con un alto contenido de taninos podrían alcanzar una adaptación a los mismos, al punto de derivar en

un mayor CMS. Esto debido a que por su astringencia, los taninos reducen la duración y el volumen de cada ingesta e incrementan el número de ingestas a lo largo del día, lo que en términos generales podría resultar en un mayor CMS. En contraste, Frutos y col. (2004) reportaron que dietas con altos niveles de inclusión de taninos (>5%) deprimieron el CMS debido a la reducción de la palatabilidad, una digestión lenta y el desarrollo de aversiones condicionadas. Sin embargo, en estos trabajos se usaron fuentes de taninos condensados solamente. En cambio, en el presente estudio se usaron fuentes combinadas de taninos condensados e hidrolizables y además las dosis fueron de 0,3%, lo que presumiría que estas concentraciones no afectarían marcadamente la palatabilidad, ni enlentecerían la digestión. Por el contrario, el mayor consumo observado en el presente ensayo, siempre teniendo en cuenta que la comparación es contra monensina, podría deberse a una mayor tasa de digestión, lo que generaría un aumento en la tasa de pasaje, derivando en un mayor consumo. En adición a esto, al generarse una mayor tasa de digestión y de pasaje, se favorecería un mayor flujo de nutrientes hacia el intestino, por lo que disminuiría la concentración de ácidos y gases en el rumen, evitando grandes acumulaciones en cortos periodos de tiempo que conlleven a fluctuaciones marcadas del pH ruminal y desórdenes metabólicos (González y col., 2012). Este mayor consumo y flujo de nutrientes hacia el intestino favorecería el uso más eficiente de la proteína y un mejor aporte de proteína metabolizable (Owens y Zinn, 1988, citado de Gibb y McAllister, 1999). A su vez, esto podría acompañarse con un comportamiento ingestivo más homogéneo, con porciones más chicas y mejor distribuidas durante el día. González y col. (2012) enfatizaron en la importancia de una adecuada tasa de masticación e insalivación, lo que permitiría una buena producción de saliva diaria, la cual actúa como buffer en condiciones de corral donde los animales reciben dietas con altas proporciones de grano con carbohidratos rápidamente fermentecibles.

Hay que tener en cuenta que el uso de monensina como aditivo en las dietas en feedlot permite mejorar el IC, principalmente como consecuencia de una disminución en el consumo (Erickson y col., 2003; González y col., 2012). Esta disminución se genera parcialmente a partir de su efecto directo sobre el microbioma ruminal, en el cual se

generan cambios en la cantidad y en el perfil de los ácidos orgánicos allí producidos, viéndose aumentada la producción de propionato y reducida la de acetato, butirato y adicionalmente la de metano. Estas alteraciones a nivel ruminal mejoran la eficiencia y el desempeño productivo (Bergen y Bates, 1984). El propionato, que es utilizado con mayor eficiencia por el animal, tiene efectos hipofágicos de corto plazo, donde a partir de su oxidación en el hígado se activan los mecanismos de control del consumo, generando una sensación de saciedad (Allen y col., 2005). Lo anterior generaría una regulación del consumo como estrategia para el mantenimiento del balance energético del animal (Nagaraja, 1995). Este mismo autor a su vez plantea la reducción del consumo por parte de la monensina debido a efectos en la palatabilidad y en la reducción de la motilidad del rumen, lo que generaría un aumento en el llenado ruminal y consecuentemente una reducción del consumo. La monensina no sólo reduce la cantidad de materia seca consumida, sino que también genera cambios en el patrón de consumo de los animales, disminuyendo el tamaño de las porciones pero aumentando la frecuencia de consumo durante el día, reduciendo las fluctuaciones del pH ruminal diario, mitigando posibles problemas de acidosis y generando una fermentación estable en el rumen (Erickson y col., 2003; González y col., 2012).

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito y los resultados encontrados en el presente ensayo, podríamos deducir que el mayor consumo por parte de los animales que consumieron dieta adicionada con taninos con respecto a los que la consumieron con monensina, pudiera ser en parte un reflejo del efecto depresor del consumo por parte de la monensina y no necesariamente todo explicado por un aumento en el consumo provocado por el uso de taninos. Justamente, la diferencia de consumo a favor del tratamiento con taninos fue >8%. Entendiendo que la monensina reduce el consumo un 3%, se podría considerar que a su vez hubo efecto de los taninos sobre el consumo. Esto coincidiría con reportes publicados.

Este ensayo evidenció un patrón natural de la dinámica de consumo en corrales de engorde, con diferencias significativas en el consumo entre los distintos momentos de la fase a corral. Se pudo observar una curva ascendente hasta el día 60, donde desde ahí hasta el día 90 el consumo tendió a estabilizarse, para luego tomar una curva descendente hasta el

día 120, ajustándose a las descripciones sobre los patrones de la dinámica de consumo en engorde a corral reportados por Gibb y McAllister (1999). La curva ascendente desde el día de llegada hasta el día 60 denotaría un periodo de adaptación de los animales, notándose incluso en nuestro ensayo una pequeña caída en el consumo entre el día 22 y 30 de la prueba, justo inmediatamente posterior al momento en el cual pasaron a tener una dieta de terminación más rica en grano por los siguientes 100 días. Esto podría haberse dado por una acumulación de ácidos grasos volátiles (AGV) y ácido láctico en el rumen, provocando un descenso del pH y estimulándose además los receptores de saciedad por estos mismos ácidos, generando de esta manera este descenso abrupto del consumo (Schwartzkopf-Genswein y col., 2003). Esta situación en la que pudieron haber evidenciado cierto grado de acidosis es llamativa, debido a que sucede justo en el tramo ascendente de la curva donde el consumo venía con un aumento paulatino. Posteriormente, la curva ascendente continúa hasta alrededor del día 60, donde la mencionada adaptación pudiera ser alcanzada, viéndose reflejada en el “plateau” que se extiende desde allí hasta aproximadamente el día 90, en donde los animales tuvieron un consumo relativamente estable. A partir de acá la curva inicia su descenso, situación que pudiera ser entendida por una regulación fisiológica del consumo como consecuencia de una satisfacción de los requerimientos energéticos del animal y el alcance del techo metabólico. En esta fase es en donde a partir de la deposición de grasa se genera un feedback negativo que impactaría reduciendo el consumo, presentándose en esta situación una regulación central más que por aspectos físicos propios de la dieta y el animal (Hyer y col., 1986). Está descrito que el consumo empieza a decaer cuando los niveles de grasa de la carcasa alcanzan valores de 22 a 28%, siendo esta situación un indicador usado en la práctica para deducir el nivel de terminación (Fox y Black, 1984). De todas maneras, la explicación sobre la reducción del consumo puede ser multifactorial y compleja, y difícilmente hay consenso sobre cómo los rumiantes regulan esta importante actividad (Forbes, 2007).

Otro aspecto a tener en cuenta sobre el mencionado descenso final en la curva de consumo, es que, si bien la interacción tratamiento*momentos no fue significativa, en el análisis se puede observar una tendencia de los animales alimentados con taninos a manifestar un descenso más abrupto del consumo en el último cuarto de la fase de engorde,

sobre todo en la última semana. Esto podría deberse a que los animales alimentados con monensina evidenciaron una regulación del consumo durante casi toda la fase de engorde a partir del marcado efecto depresor de la monensina en su dieta, y que al momento de presentarse una regulación fisiológica, el impacto habría sido menos pronunciado con respecto a los animales que consumían taninos.

Los taninos han sido reconocidos principalmente por su potencial efecto positivo del uso de la proteína a partir de la reducción de la acción proteolítica en el rumen y el mayor flujo de proteína hacia el intestino. Sin embargo, si la proteína no es un factor limitante de la dieta, probablemente este efecto positivo de los taninos sobre la proteína no se vea reflejado en un mayor rendimiento productivo (Herremans y col., 2020). Por esta razón, el impacto de este fenómeno pudiera ser mayor en animales jóvenes y en los primeros días de la fase de engorde a corral, donde los animales demandarán mayores niveles de proteína metabolizable como materia prima para el crecimiento muscular. Es por esto que, en los últimos días de la fase de engorde, donde los animales movilizan los nutrientes principalmente para deposición de grasa, y donde la principal limitante es la energía (Van Soest, 1994), el impacto de este efecto de los taninos pudiera ser menor.

3.4.2 *Aumento de peso vivo e índice de conversión*

El IC tuvo una tendencia a mejorar en MON respecto a TAN. Esto se puede atribuir al mayor consumo observado, ya que no se encontraron diferencias en el ADPV, indicando que la energía adicional consumida no estuvo dirigida a producción de carne.

Coincidiendo con nuestro estudio, Rivera-Méndez y col. (2017) usando la misma fuente de taninos en comparación con un testigo con monensina, encontraron mayores consumos pero no obtuvieron diferencias en ADPV. Es importante mencionar que todas las dietas del trabajo de Rivera-Méndez y col. (2017) contenían monensina en su composición basal. Por su parte, Tabke (2014) evaluó la misma fuente de taninos en dietas de terminación a corral a base de maíz y no encontró diferencias en el ADPV, pero sí mayores consumos por parte del tratamiento con taninos, por lo que tampoco hubo un impacto

favorable en el IC. Sin embargo, observaron una disminución en la digestibilidad de la MO, PB y almidón, lo que puede explicar en cierta medida que el ADPV no haya reaccionado a la par del aumento en el consumo. Es importante traer a colación, que como reportaron previamente Martínez y col. (2005, 2006) los taninos modularían la hidrólisis ruminal del almidón. Igualmente, si bien tienen mayor afinidad con las proteínas, pueden formar complejos con otras moléculas, por lo que se pueden unir estrechamente a diferentes compuestos de la dieta, protegiéndolos no solo en su paso por el rumen, sino también por el intestino delgado (Beauchemin y col., 2007). Por lo anterior, es factible pensar que en nuestro ensayo se hayan presentado fenómenos de este tipo que afecten la digestibilidad y repercutan en la eficiencia de uso del alimento y la energía neta (EN). Estas situaciones ayudan a comprender en parte porque no se logró superar o equiparar la eficiencia lograda por la monensina en el presente ensayo.

En contraparte, Barajas y col. (2011) usaron la misma fuente de taninos y reportaron aumentos en el ADPV (11-13%), en la EN (4-5%) y en el consumo, pero sin diferencias en la conversión. Por su parte, Barajas y col. (2012) observaron un incremento del 8% en el ADPV con dosis de 0,3% MS, en una dieta a base de grano de sorgo, donde a su vez hubo un mayor consumo (6%), por lo que tampoco se favoreció el índice de conversión. A diferencia de estos autores, Pasinato y col. (2013) compararon la misma fuente y dosis de taninos del presente ensayo (0,3% MS) contra monensina, y no encontraron diferencias en consumo, aunque reportaron mejor ADPV e índice de conversión en los animales suplementados con taninos.

La energía metabolizable (EM) extra consumida por los animales alimentados con dieta adicionada con taninos no se vio reflejada en EN para producción de carne. Probablemente, en este ensayo, la monensina en su interacción con el microbioma ruminal generó un ambiente más propicio para aumentar la eficiencia de utilización del alimento. Los taninos alteran el microbioma ruminal afectando a las bacterias que degradan la fibra y el almidón (Díaz-Carrasco y col., 2017). Al respecto, estos autores reportaron un aumento en las poblaciones de bacterias del filo firmicutes y una reducción de bacteroidetes en la presencia de taninos. En este sentido, algunos estudios reportaron una correlación positiva entre la abundancia de firmicutes y la ganancia de peso, sugiriendo el rol significativo que

presentan estas bacterias en la eficiencia de alimentación en los bovinos (Myer y col., 2015, citados por Díaz-Carrasco y col., 2017). La importancia en términos de eficiencia de los cambios poblaciones en el microbioma, radica en el favorecimiento de aquellos microorganismos sintetizadores de ácidos orgánicos valiosos como el propionato y los utilizadores de los compuestos menos deseables. Sin embargo, los taninos tienen mayor impacto e influencia sobre la producción de metano que sobre la producción de AGV (Hassanat y Benchaar, 2012). En relación a ello, Salami y col. (2018) observaron mediante un PCR (Polymerase Chain Reaction) cuantitativo que la presencia de TCH a niveles de inclusión de 4% reducía las poblaciones de Archaeas metanogénicas, sin comprometer la fermentación ruminal. Esto generaría impacto en la eficiencia debido a que la producción de metano en la fermentación de las dietas representa pérdidas entre el 2-12% de la EB (Patra y Saxena, 2009).

El efecto del uso de taninos condensados e hidrolizables sobre el microbioma del rumen no ha sido completamente descrito hasta el momento. Díaz-Carrasco y col. (2017) analizaron los efectos *in vivo* de esta misma mezcla de TCH sobre las poblaciones bacterianas en el rumen, explorando la relación entre la composición del microbioma ruminal y los parámetros fisiológicos. Allí observaron un aumento en el radio firmicutes-bacteroidetes en los animales suplementados con TCH, un parámetro asociado a la eficiencia de uso de energía. A su vez, una reducción en las poblaciones de bacterias metanogénicas, acompañado de un mayor pH ruminal.

Los resultados presentados en esta investigación nos permiten inferir que esta fuente y dosis de taninos utilizados no modificaron el ambiente ruminal de manera de direccionar la producción de AGV hacia propionato, al menos en una magnitud equivalente a la monensina. Igualmente, con estas dosis manejadas no hay un efecto suficiente por parte de los taninos en la disminución de la metanogénesis, cuestión que impacta también en la eficiencia.

Existen vacíos de conocimiento sobre la relación entre el impacto de los taninos sobre el microbioma y la alteración de la fermentación ruminal asociada al desempeño productivo (Díaz-Carrasco y col., 2017). Asimismo, es importante destacar que la variabilidad en los resultados se presenta no solo por la tremenda variación en el tipo,

fuente y dosis de taninos, sino también por sus interacciones con la dieta y con el animal, al igual que con el manejo empleado. Por ejemplo, algunos de los ensayos referenciados se realizaron con dietas a base de maíz y otros a base sorgo (fuente natural de taninos). Igualmente, hay diferencias en el proceso del grano, la fuente de fibra y su proporción, la fuente de proteína, el uso de tecnologías de crecimiento (implantes anabólicos), la duración del ensayo, la genética de los animales, etc. Es importante resaltar que algunas de estas investigaciones referenciadas comparaban contra un tratamiento testigo sin monensina. Esto afecta la interpretación cuando se coteja contra un estudio como el nuestro, cuyo fundamento es la puesta a prueba de los taninos como alternativa a la monensina.

Por las cuestiones mencionadas anteriormente y por la falta de contundencia en los resultados experimentales, prevalece todavía un importante desconocimiento todavía sobre el modo de acción de los taninos y sus beneficios productivos.

3.4.3 *Parámetros de carcasa*

Si bien los animales TAN mostraron numéricamente un mayor porcentaje de calificación para la cuota 481 con respecto a MON (85,72% vs. 82,39%), las diferencias no fueron significativas. En cuanto al rendimiento a faena, la falta de efectos coincide con lo reportado por Tabke (2014), que tampoco encontró diferencias en las características de la carcasa al incluir la mezcla de taninos en la dieta. Las distribuciones de la tipificación de las canales no demostraron diferencias entre tratamientos, evidenciando un comportamiento homogéneo para esta variable. Por otra parte, se evidenció una tendencia a una peor conversión de carcasa por parte del tratamiento taninos, debido al mayor CMS demostrado por dicho tratamiento.

Algunos estudios reportaron beneficios del uso de TCH sobre los parámetros de carcasa (Arechiga y col., 2011; Camacho y col., 2011). Sin embargo, bajo las condiciones de este ensayo, y con la fuente y dosis de taninos utilizada no hubo diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas en frigorífico. Por tanto, si bien no se

midieron más variables que den mayor sustento, se puede deducir que en rendimiento y características de carcasa los taninos cumplirían como alternativa a la monensina.

3.4.4 *Potencia del experimento*

En el presente estudio se evaluó la inclusión de una mezcla de taninos con respecto a la utilización de monensina y se compararon sus efectos sobre la respuesta productiva de un gran número de animales en un feedlot de escala comercial. Es importante destacar que no hay muchos antecedentes reportados que evalúen la adición de taninos en establecimientos a nivel productivo, por el contrario una gran parte de los estudios se han llevado a cabo en contextos experimentales con poco número de animales.

Los aditivos son compuestos con respuestas de magnitudes pequeñas, y en su gran mayoría los experimentos no poseen la suficiente potencia para detectar esas diferencias de tan pequeña magnitud. Lo anterior, debido a que muchas veces el número de unidades experimentales es corto para detectar esas diferencias tan pequeñas. Berndtson (1991), definen a la potencia de un experimento como la probabilidad de que el efecto de un tratamiento no pase indetectado, siendo que existe. Este mismo autor elaboró unas tablas para la determinación del número de réplicas necesarias por grupo de tratamiento, de manera de proveer al experimento una potencia definida. En las tablas, a partir del coeficiente de variación (CV) y teniendo en cuenta la diferencia porcentual entre los tratamientos para las distintas variables, se permitió contrastar nuestro experimento con las necesidades para potencias de 80%, 90% y 95%.

Como se puede apreciar en la Tabla 11, para la mayoría de las variables las condiciones del presente ensayo permiten disponer de una buena potencia, por lo que el número de réplicas se acomoda a las necesidades para la detección de las diferencias existentes entre tratamientos, reduciendo de esta manera el error tipo 2.

Tabla 11. Comparación de los requerimientos de réplicas y diferencias entre tratamientos para potencias experimentales de 80%,90% y 95%.

	Ensayo actual			Potencia de 80%		Potencia de 90%		Potencia de 95%	
Variables	Réplicas	CV	Dif entre trat	Dif entre trat ¹	Rep necesarias ²	Dif entre trat	Rep necesarias	Dif entre trat	Rep necesarias
Conversión	4	5,05	10,91%	15%	6	15%	7	20%	8
ADPV	4	1,2	2,40%	<5%	3	<5%	3	< 5%	3
Consumo	4	1,68	8,20%	5%	3	8%	3	8%	3
Ganancia total	4	1,12	2,70%	<5%	3	<5%	3	<5%	3
Peso inicial	4	0,3	1,20%	<5%	3	<5%	3	<5%	3
Peso final	4	0,31	0,03%	<5%	3	<5%	3	<5%	3
Peso a los 75 días	4	0,57	0,60%	<5%	3	<5%	3	<5%	3
Conversión carcasa	4	6,38	11,80%	15%	5.5	20%	9	20%	11
Rendimiento a faena	4	1,07	0,02%	<5%	3	<5%	3	<5%	3
Aprobación cuota	4	5,54	3,80%	15%	20	15%	28	20%	34
Mortandad	4	24,23	48.50%	60%	6	70%	7	80%	8

¹ Diferencia mínima entre tratamientos para ser detectada con las réplicas actuales

² Réplicas necesarias por tratamiento para alcanzar dicha potencia

3.5. CONCLUSIONES

La hipótesis sosteniendo que los animales alimentados con taninos iban a tener el mismo desempeño que los que recibían monensina, debe ser RECHAZADA. De modo que, la adición de una mezcla de taninos condensados e hidrolizables no representaría una alternativa consistente al uso de monensina como aditivo en las dietas en feedlot. El consumo voluntario de alimento fue diferente, teniendo un grado de impacto sobre el índice de conversión. De todas maneras, al no haber muchos precedentes con la utilización de taninos a escalas productivas de esta magnitud, este trabajo sirve como un antecedente valioso para futuras investigaciones que busquen evaluar este tipo de aditivo en otros contextos, otras fases productivas u otro tipo de dietas.

3.6. BIBLIOGRAFÍA

- Aboagye, I. A., Oba, M., Castillo, A. R., Koenig, K. M., Iwaasa, A. D., and Beauchemin, K. A., 2018. Effects of hydrolyzable tannin with or without condensed tannin on methane emissions, nitrogen use, and performance of beef cattle fed a high-forage diet. 1, 2. *Journal of Animal Science*, Volume 96, Issue 12, Pages 5276-5286.
- Aharoni, Y., Gilboa, N., Silanikove, N., 1998. Models of suppressive effect of tannins. Analysis of the suppressive effect of tannins on ruminal degradation by compartmental models. *Anim Feed Sci Tech* 71, 251-267.
- Allen, M. S., Bradford, B. J., Harvatine, K. J., 2005. The cow as a model to study food intake regulation. *Annu. Rev. Nutr.* 25, 523-547.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Arlington, VA, USA.
- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Washington, DC, USA.
- AOAC, 1997. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Arlington, VA, USA.
- Arechiga, S. C., Cervantes, B. J., Espino, M. A., Flores, L. R., Camacho, A., Romo, J. A., Barajas, R., 2011. Effect of length feeding additional tannins-extract on carcass traits of finishing-bulls. *J. Anim. Sci.* Vol. 89 (E-Suppl.2): (abstract) in press.
- Auil, M., 2011. Degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal de la proteína del ensilaje de alfalfa confeccionado con diferentes fuentes y dosis de taninos. Tesis de maestría. Universidad de Mar del Plata. Argentina.
- Bae, H. D., McAllister, T. A., Yanke, J., Cheng, K. J., Muir, A. D., 1993. Effects of condensed tannins on endoglucanase activity and filter paper digestion by *Fibrobacter succinogenes* S85. *Appl Environ Microb* 59, 2132-2138.
- Barajas, R., Cervantes, B. J., Camacho, A., Verdugo, M., Espino, M. A., Flores, L. R., Romo, J. A., Velázquez, E. A., Lomeli, J. J., 2011. Influence of addition of tannins-extract in low concentration of dietary dry matter on feedlot-performance of bulls. *J. Anim. Sci.* 89 (suppl.1):615 (Abstr.)
- Barajas, R., Cervantes, B. J., Espino, M. A., Camacho, A., Verdugo, M., Flores, L. R., Arechiga, S. C., Lomeli, J. J., Romo, J. A., 2012. Influence of tannins extract addition on feedlot-performance of bulls fed sorghum-based diets. *J. Anim. Sci.* Vol. 90 (Suppl. 3): 372-373 (abstract).
- Barry, T. N., Manley, T. R., 1984. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 2. Quantitative digestion of carbohydrates and proteins. *Brit J Nutr* 51, 493-504.
- Barry, T. N., 1989. Condensed tannins: their role in ruminant protein and carbohydrate digestion and possible effects upon the rumen ecosystem. Pages 153-169 in J. V. Nolan, R. A. Leng, and D. I. Demeyer, eds. *The roles of protozoa and fungi in ruminant digestion*. Perambur Books, Armidale, Australia.
- Barry, T. N., McNabb, W. C., 1999. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *Brit J Nutr* 81, 263-272.
- Bate-Smith, E.C., Swain, T., 1962. Flavonoid compounds, p. 755-809. In: H.S. Mason and A.M. Florkin (eds.) *Comparative biochemistry*. Academic Press, New York.
- Beauchemin, K. A., McGinn, S. M., Martinez, T. F., McAllister, T. A., 2007. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 85, 1990-1996.
- Benchaar, C., McAllister, T. A., Chouinard, P. Y., 2008. Digestion, ruminal fermentation, ciliate protozoal populations, and milk production from dairy cows fed cinnamaldehyde, quebracho condensed tannin, or Yucca schidigera sapoin extracts. *J. Dairy Sci.* 91, 4765-4777.

- Bender, A., 1992. Meat and meat products in human nutrition in developing countries. FAO Food Nutr Pap 53: 1-91.
- Bergen, W. G., Bates, D. B., 1984. Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. J. Anim. Sci. 1984, 58:1465-1483.
- Berndtson, W. E. 1991. A simple, rapid and reliable method for selecting or assessing the number of replicates for animal experiments. Journal of Animal Science, 69 (1), 67.
- Blaxter, K. 1989. Energy metabolism in animals and man. Cambridge. Cambridge University Press, 1989:1-336.
- Blytt, H. J., Guscar, T. K., Butler, L. G., 1988. Antinutritional effects and ecological significance of dietary condensed tannins may not be due to binding and inhibiting digestive enzymes. J Chem Ecol 14, 1455-1465.
- Brunet, S., 2008. Analyse des mécanismes d'action antiparasitaire de plantes riches en substances polyphénoliques sur les nematodes du tube digestifs des ruminants. Doctoral thesis. Université de Toulouse.
- Camacho, A., Cervantes, B. J., Espino, M. A., Verdugo, M., Flores, L. R., Romo, J. A., Barajas, R. 2011. Influence of addition of tannins-extract in low concentration of dietary dry matter on carcass characteristics of bull-calves. J. Anim. Sci. Vol. 89 (E-Suppl.2): (abstract) in press.
- Centner, T., 2019. Consumers, Meat and Animal Products: Policies, Regulations and Marketing. Routledge 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN.
- Chiquette, J., Cheng, K. J., Costerton, J. W., Milligan, L. P., 1988. Effect of tannins on the digestibility of two isosynthetic strains of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) using *in vitro* and *in sacco* techniques. Can J Anim Sci 68, 751-760.
- Deaville, E. R., Givens, D. I., Mueller-Harvey, I., 2010. Chesnut and mimosa tannin silages: Effects in sheep differ for apparent digestibility, nitrogen utilization and losses. Animal Feed Science and Technology, 157(3-4), 129-138.
- Díaz-Carrasco, J. M., Cabral, C., Redondo, L. M., Pin Viso, N. D., Colombatto, D., Farber, M. D., Fernández Miyakawa, M. E., 2017. Impact of chesnut and quebracho tannins on rumen microbiota of bovines. BioMed Research International, 2017, 1-11.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., González L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Erickson, G. E., Milton, C. T., Fanning, K. C., Cooper, R. J., Swingle, R. S., Parrott, J. C., Vogel, G., Klopfenstein, T. J., 2003. Interaction between bunk management and monensin concentration on finishing performance, feeding behavior, and ruminal metabolism during an acidosis challenge with feedlot cattle. J Anim Sci, 81: 2869-2879.
- Forbes, J. M., 2007. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Fox, D. G., Black, J. R., 1984. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. J. Anim. Sci. 58:725-739.
- Frutos, P., Hervás, G., Giráldez, F. J., Fernández, M., Mantecón, A. R., 2000. Digestive utilization of quebracho-treated soya bean meal in sheep. J Agr Sci 134, 101-108.
- Frutos, P., Hervás, G., Giráldez, F. J., Mantecón, A. R., 2004. Review. Tannins and ruminal nutrition. Spanish Journal of Agricultural Research, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 191-202. ISSN 2171-9292.
- Gibb, D. J., McAllister, T. A., 1999. The impacts of feed intake and feeding behaviour of cattle on feedlot and feedbunk management. In: Korver, D., Morrison, J. (Eds.), Proceedings of the 20th Western Nutrition Conference on Marketing to the 21st Century, pp. 101-116.
- González, L. A., Manteca, X., Calsamiglia, S., Schwartzkopf-Genswein, K. S., Ferret, A., 2012. Ruminal acidosis in feedlot cattle: Interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review). Anim Feed Sci and Tech, 172: 66-79.
- Hagerman, A. E., Robbins, C. T., Weerasuriya, Y., Wilson, T. C., McArthur, C., 1992. Tannin chemistry in relation to digestion. J Range Manage 45, 57-62.
- Haslam, E. 1989. Plant polyphenols. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 230 pp.

- Hassanat, F., Benchaar, C., 2012. Assessment of the effect of condensed (acacia and quebracho) and hydrolysable (chestnut and valonea) tannins on rumen fermentation and methane production in vitro. *J. Sci. of Food and Agric*, 93(2), 332-339.
- Herremans, S., Vanwindekens, F., Decruyenaere, V., Beckers, Y., Froidmont, E., 2020. Effect of dietary tannins on milk yield and composition, nitrogen partitioning and nitrogen use efficiency of lactating dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*.
- Hervás, G., Frutos, P., Serrano, E., Mantecón, A. R., Giráldez, F. J., 2000. Effect of tannic acid on rumen degradation and intestinal digestion of treated soya bean meals in sheep. *J Agr Sci* 135, 305-310.
- Hervás, G., Frutos, P., Giráldez, F.J., Mantecón, A. R., Álvarez del Pino, M. C., 2003. Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. *Anim Feed Sci Tech* 109, 65-78.
- Hyer, H. C., Oltjen, J. W., Owens, F. N., 1986. Relationship of body composition and feed intake of beef steers. *Okla. Agr. Exp. Sta. Misc. Publ.* 121:393 (Abstr.).
- Ipharraguerre, I. R., Clark, J. H., 2003. Usefulness of ionophores for lactating dairy cattle: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106:39-57.
- Jayanegara, A., Goel, G., Makkar, H. P. S., Becker, K., 2015. Divergence between purified hydrolysable and condensed tannin effects on methane emission, rumen fermentation and microbial population in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, 209, 60-68.
- Jones, G. A., McAllister, T. A., Muir, A. D., Cheng, K. J., 1994. Effects of Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) condensed tannins on growth and proteolysis by four strains of ruminal bacteria. *Appl Environ Microb* 60(4), 1374-1378.
- Jouany, J. P., Morgavi, D. P., 2007. Use of 'natural' products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal*. 1:10, pp 1443-1466.
- Koenig, K. M., Beauchemin, K. A., 2017. 569 Feeding tannins to reduce nitrogen losses from feedlot cattle fed high protein diets containing wheat distillers grains; Ruminal fermentation, digestibility, and route of nitrogen excretion. *Journal of Animal Science*, 95(suppl_4), 278-279.
- Koenig, K., Beauchemin, K., McGinn, S., 2018. PSX-22 Feeding condensed and hydrolysable tannins in high protein finishing diets to beef cattle to reduce ammonia emissions from manure. *Journal of Animal Science*, 96(suppl_3), 415-415.
- Kumar, R. Singh, M., 1984. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. *J. Agric. Food Chem.* 32: 447-453.
- Landau, S., Silanikove, N., Nitsan, Z., Barkai, D., Baram, H., Provenza, F. D., Perevolotsky, A., 2000. Short-term changes in eating patterns explain the effects of condensed tannins on feed intake in heifers. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 69, 199-213.
- Leinmuller, E., Steingass, H., Menke, K.-H., 1991. Tannins in ruminant feedstuffs. Pages 9-62 in A. Bittner, ed. *Animal research and development*, Vol 33. Institut für Wissenschaftliche Zusammenarbeit, Germany.
- Lorenz, M. M., Alkhafaji, L., Stringano, E., Nilsson, S., Mueller-Harvey, I., Udén, P., 2013. Relationship between condensed tannins structures and their ability to precipitate feed proteins in the rumen. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 94(5), 963-968.
- Makkar, H. P. S., Singh, B., Dawra, R. K., 1988. Effect of tannin-rich leaves of oak (*Quercus incana*) on various microbial enzyme activities of the bovine rumen. *Br. J. Nutr.* 60: 287-296.
- Makkar, H. P. S., Becker, K., Abel, H., Szegletti, C., 1995. Degradation of condensed tannins by rumen Microbes exposed to quebracho tannins (QT) in rumen simulation technique (RUSITEC) and effects of QT on fermentative processes in the RUSITEC. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69 (4), 495-500.
- Makkar, H. P. S., Becker, K., 1998. Adaptation of cattle to tannins: role of protein-rich proteins in oak-fed cattle. *Anim Sci* 67, 277-281.
- Mangan, J. L., 1988. Nutritional effects of tannins in animal feeds. *Nutr Res Rev* 1, 209-231.

- Martello, H., Nelsino, P., Teobaldo, R., Zervoudakis, J., Fonseca, M., Silva Cabral, L., Rocha, J., Mundim, A., Moraes, E., 2020. Interaction between tannin and urea on nitrogen utilization by beef cattle grazing during dry season. *Livestock Science*. 234. 103988.
- Martínez, T. F., McAllister, T. A., Wang, Y., Reuter, T. 2006. Effect of tannic acid and quebracho tannins on *in vitro* ruminal fermentation of wheat and corn grain. *J. Sci. Food Agric.* 86, 1244-1256.
- Martínez, T. F., Moyano, F. J., Díaz, M., Barroso, F. G., 2005. Use of tannic acid to protect barley meal against ruminal degradation. *J. Sci. Food Agric.* 85, 1371-1378.
- McAllister, T. A., Bae, H. D., Jones, G. A., Cheng, K. J., 1994. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J Anim Sci* 72, 3004-3018.
- McArthur, C., Sanson, G. D., Beal, A. M., 1995. Salivary proline-rich proteins in mammals: roles in oral homeostasis and counteracting dietary tannin. *J ChemEcol* 21, 663-691.
- McGinn, S. M., Beauchemin, K. A., Coates, T., Colombatto, D., 2004. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. *J. Anim. Sci*, 82 (11), 3346-3356.
- McMahon, L.R., McAllister, T. A., Berg, B.P., Majak, W., Achrya, S. N., Popp, J. D., Coulman, B.E., Wang, Y., Cheng, K. J., 2000. A review of the effects of forage condensed tannins on ruminal fermentation and bloat in grazing cattle. *Sci.* 80: 469-485.
- McNabb, W. C., Peters, J. S., Foo, L. Y., Waghorn, G. C., Jackson, S. J., 1998. Effect of condensed tannins prepared from several forages on the *in vitro* precipitation of ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase (rubisco) protein and its digestion by trypsin (EC 2.4.21.4) and chymotrypsin (EC 2.4.21.1). *J Sci Food Agric* 77, 201-212.
- McSweeney, C. S., Palmer, B., Kennedy, P. M., Krause, D. O., 1998. Effect of calliandra tannins on rumen microbial function. *Proc Aust Soc Anim Prod* 22:289.
- McSweeney, C. S., Palmer, B., McNeill, D. M., Krause, D. O., 2001. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Anim Feed Sci Tech* 91, 83-93.
- Mehansho, H., Butler, L.G., Carlson, D. M., 1987. Dietary tannins and salivary proline-rich proteins: interactions, induction and defense mechanisms. *Annu Rev Nutr* 7, 423-440.
- Mezzomo, R., Paulino, P., Barbosa, M., Martins, T., Pereira, L., Silva, J., Paulino, M., Silva, M., Sero, N., 2017. Protein dietary efficiency and methane emission in cattle fed soybean meal treated with tannins. *Animal Production Science*. 58.
- Min, B. R., McNabb, W. C., Barry, T. N., Kemp, P. D., Waghorn, G. C., McDonald, M. F., 1999. The effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon reproductive efficiency and wool production in sheep during late summer and autumn. *J Agr Sci* 132, 323-334.
- Mueller-Harvey, I., McAllan, A. B., 1992. Tannins. Their biochemistry and nutritional properties. *In: Advances in plant cell biochemistry and biotechnology*, Vol. 1 (Morrison, I. M., ed.). JAI Press Ltd., London (UK), pp. 151-217.
- Mueller-Harvey, I., 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *J Sci Food Agric*, 86: 2010-2037.
- Myer, P. R., Wells, J. E., Smith, P. L., Kuehn, L. A., Freetly, H. C., 2015. Cecum microbial communities from steers differing in feed efficiency. *J Anim Sci*, vol. 93, no. 11, pp. 5327-5340.
- Nagaraja, T. G., 1995. Ionophores and antibiotics in ruminants. R. J. Wallace and A. Chesson. (Ed.), *Biotechnology in animal feeds and animal feeding*. Weinheim; New York; Basel; Cambridge; Tokyo; VCH, 1995, pp 173-204.
- Novobilský, A., Mueller-Harvey, I., Thamsborg, S. M. 2011. Condensed tannins act against cattle nematodes. *Veterinary Parasitology*, 182(2), 213-220.
- OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION. 2003. Regulation (EC) No 1831/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on Additives for Use in Animal Nutrition. Pages L268/29-L268/43 in OJEU of 10/18/2003.
- ONCCA (Oficina Nacional de Control Agropecuario). Junta Nacional de Carnes. Resolución J-378/1973. Buenos Aires: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina, 1973. p.72. https://serviciosucesci.magyp.gob.ar/documentos/Res._J.378-1973.pdf acceso octubre 2019.

- Owens, F. N., Zinn, R., 1988. Protein metabolism of ruminants. Pages 227-249 in *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. D. C. Church Ed.
- Pasinato, A., Morao, G., Pianetti, V., Adrien, J., Medina, M., Aramburu, R., Cabral, C., 2013. Evaluación de la inclusión de taninos en animales engordados a corral. Efectos sobre la respuesta animal. INTA. Buenos Aires. AR. p. 9-11.
- Patra, A. K., Saxena, J., 2009. Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. *Antonie van Leeuwenhoek*, 96(4), 363-375.
- Patra, A. K., Saxena, J., 2010. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *J of the Sci of food and Agr*, 91 (1), 24-37.
- Patra, A. K., Min, B. -R., Saxena, J., 2012. Dietary tannins on microbial ecology of the gastrointestinal tract in ruminants. *Dietary Phytochemicals and Microbes*, 237-262.
- Pordomingo, A. J., Azcarate, M. P., Juan, N. A., 2003. Effect of condensed-tannins addition to a com-sunflower meal based feedlot diet. *J. Anim. Sci.* 81 Suppl. 1, 215-216.
- Pordomingo, A. J., Volpi-Lagrecia, G., Orienti, W., Welsh, R., 2004. Efecto del agregado de taninos en dietas de distinto nivel energético en vaquillonas para carne. *Rev.Arg.Prod.An.* 24 Supl. 1, 89-90.
- Pordomingo, A. J., Volpi-Lagrecia, G., Stefanazzi, I. N., Pordomingo, A. B., 2007. Efecto de la inclusión de taninos, monensina y soja cruda en dietas basadas en grano entero en engorde de vaquillonas a corral. *Rev.Arg.Prod.An.* 27 Supl 1, 81-82.
- Priolo, A., Waghorn, G. C., Lanza, M., Biondi, L., Pennisi, P., 2000. Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: effects on lamb growth performance and meat quality. *J. Anim. Sci.* 78, 810-816.
- Pritchard, R. H., Bruns, K.W., 2003. Controlling variation in feed intake through bunk management. *J. Anim. Sci.* 81, 133-138.
- Puchala, P., Min, B. R., Goetsh, A. L., Sahl, T., 2005. The effect of condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *J. Anim. Sci.* 83, 182-186.
- Rivera-Méndez, C., Plascencia, A., Torrentera, N., Zinn, R. A., 2017. Effect of level and source of supplemental tannin on growth performance of steers during the late finishing phase. *Journal of Applied Animal Research*, 45:1, 199-203.
- Salami, S. A., Valenti, B., Bella, M., O'Grady, M. N., Luciano, G., Kerry, J. P., Jones, E., Priolo, A., Newbold, C. J., 2018. Characterization of the ruminal fermentation and microbiome in lambs supplemented with hydrolysable and condensed tannins. *FEMS Microbiology Ecology*.
- Santamaría, A., 2015. Análisis de la comercialización de carnes vacunas argentinas de alto valor. Trabajo final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/análisis-comercialización-carnes-vacunas.pdf>
- Santos, J. D. C. d., Saraiva, E. P., Gonzaga Neto, S., Saraiva, C. A. S., Pinheiro, A. d. C., Fonseca, V. d. F. C., Santos, S. G. C. G. d., Souza, C. G. d., Almeida, M. E. V., Veríssimo, T. N. S., 2021. Feeding behavior of lactating dairy cattle fed sorghum-based diets and increasing levels of tannic acid. *Agriculture* 2021, 11, 172.
- Scalbert, A., 1991. Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry* 30: 3875-3883.
- Schwartzkopf-Genswein, K. S., Beauchemin, K. A., Gibb, D. J., Crews, D. H., Hickman, D. D., Streeter, M., McAllister, T. A., 2003. Effect of bunk management on feeding behaviour, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 81, E149-E158.
- Schwartzkopf-Genswein, K. S., Beauchemin, K. A., McAllister, T. A., Gibb, D. J., Streeter, M., Kennedy, A. D., 2004. Effect of feed delivery fluctuations and feeding time on ruminal acidosis, growth performance, and feeding behavior of feedlot cattle. *J. Anim.Sci.* 82, 3357-3365.
- Seppeler, T., Tondi, G., Petutschnigg, A., Young, T. M., Steiner, K., 2020. Mitigation of ammonia emissions from cattle manure slurry by tannins and tannin-based polymers. *Biomolecules*, 10(4), 581.
- Siebert, K. J., Troukhanova, N. V., Lynn, P. Y., 1996. Nature of polyphenol-protein interactions. *J. Agric. Food Chem.* 44: 80-85.

- Silanikove, N., Perevolotsky, A., Provenza, F. D., 2001. Use of tannin-binding chemicals to assay for tannins and their negative postingestive effects in ruminants. *Anim Feed Sci Technol.* 91, 69-81.
- Soto-Navarro, S. A., Krehbiel, C. R., Duff, G. C., Galyean, M. L., Brown, M. S., Steiner, R. L., 2000. Influence of feed intake fluctuation and frequency of feeding on nutrient digestion, digesta kinetics, and ruminal fermentation profiles in limit-fed steers. *J. Anim. Sci.* 78, 2215-2222.
- Stewart, E. K., Beauchemin, K. A., Dai, X., MacAdam, J. W., Christensen, R. G., Villalba, J. J., 2019. Effect of tannin-containing hays on enteric methane emissions and nitrogen partitioning in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, Volume 97, Issue 8, Pages 3286-3299.
- Tabke, M., 2014. Effects of tannic acid (ByPRO®) on growth performance, carcass characteristics, apparent total tract digestibility, fecal nitrogen volatilization, and meat lipid oxidation of steers fed steam-flaked corn based finishing diets. Masters of science thesis. Texas Tech University. USA.
- Tilley, J. M. A., Terry, R. A., 1963. A Two-Stage technique for in vitro digestion of forages crops. *J. Brit. Grassland Soc.* 18: 104-11.
- Van Soest, P. J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Second Edition. Cornell University Press. 475 pp.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. I., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharide in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.
- Volpi-Lagrecá, G., Alende, M., Pordomingo, A. J., Babinéc, F., Cerón, M., 2013. Engorde de bovinos a corral: Efectos de monensina y de dos niveles de taninos condensados de quebracho sobre el comportamiento productivo, la fermentación ruminal y la degradabilidad *in situ* de la materia seca y de la proteína. *Rev. Arg. Prod. Anim* Vol 33 (2): 65-77.
- Waghorn, G. C., 1990. Beneficial effects of low concentrations of condensed tannins in forages fed to ruminants. Pages 137-147 in D. E. Akin, L. G. Ljungdahl, J. R. Wilson, and P. J. Harris, eds. *Microbial and plant opportunities to improve lignocellulose utilization by ruminants.* Elsevier Science Publishing Co., New York, NY.
- Waghorn, G., 1996. Condensed tannins and nutrient absorption from the small intestine. *Proc of the 1996 Canadian Society of Animal Science Annual Meeting*, Lethbridge, Canada (Rode, L. M., Ed.). pp. 175-194.
- Wang, Y., Waghorn, G. C., Barry, T. N., Shelton, I. D., 1994. The effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* on plasma metabolism of methionine, cystine and inorganic sulphate by sheep. *Br. J. Nutr.* 72: 923-935.
- Wang, Y., Frutos, P., Gruber, M. Y., Ray, H., McAllister, T. A., 2003. Comparison of *in vitro* digestibility of parental and anthocyanin-containing *Lc*-transgenic alfalfa. *Proc of the 2003 Canadian Society of Animal Science Annual Meeting.* University of Saskatchewan, Saskatoon (Canada). 10-13 June, p.27.
- Woodward, S. L., Waghorn, G. C., Ulyatt, M. J., Lassey, K. R., 2001. Early indications that feeding *Lotus* will reduce methane emission from ruminants. *Proc. New Zeal. Soc. Anim. Prod.* 61, 23-36.
- Zhang, Xu, Cao, Wang, Yang, Azarfar, Li., 2019. Effect of different tannin sources on nutrient intake, digestibility, performance, nitrogen utilization, and blood parameters in dairy cows. *Animals*, 9(8), 507.