



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**EFFECTOS DE LA INCLUSIÓN DE ENZIMAS FIBROLÍTICAS EN LA
RACIÓN, SOBRE COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO
DE NOVILLOS DE ENGORDA A CORRAL**

Andrea Catalina Valdés Aguilera

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción Animal

PROFESOR GUÍA: Mario Luciano Duchens Arancibia
Universidad de Chile

SANTIAGO, CHILE
2019



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**EFECTOS DE LA INCLUSIÓN DE ENZIMAS FIBROLÍTICAS EN LA
RACIÓN, SOBRE COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO
DE NOVILLOS DE ENGORDA A CORRAL**

Andrea Catalina Valdés Aguilera

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción Animal

Nota final:

Profesor Guía: Mario Duchens Arancibia

Profesor Corrector: Juan Ignacio Egaña Moreno

Profesor Corrector: Carlos Núñez Poblete

SANTIAGO, CHILE
2019

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer al Dr. Duchens por todos sus conocimientos entregados, por guiarme en este largo proceso, por la confianza en mis capacidades y también por aquellas conversaciones de lo humano y lo divino. Además, quiero agradecer a mis correctores, Dr. Egaña y Dr. Nuñez por no sólo formar parte de la evaluación, sino que también ser parte del proceso. De la misma manera no puedo dejar de agradecer al equipo del departamento de producción por su amabilidad y buena disposición, entre ellos mencionar a Normita, Dr. Pérez y Dra. Morales.

También quiero agradecer a Eduardo Álvarez y equipo, ya que me abrieron las puertas del feed-lot para poder realizar la parte práctica de la tesis con sus animales y al Dr. Marcos Godoy por confiar en mí para realizar este ensayo.

Por otro lado, quiero dar las gracias a mis amigos, por todas las risas, buenos momentos y buenas cervezas, que hemos compartido, pero sobre todo por ser un apoyo para mí cuando lo único que quería era irme de Santiago y volver a mi casa. Cada uno ha estado en distintos momentos conmigo, pero a todos los valoro demasiado.

Además quiero mencionar a mis más cercanos, mi familia. Sin ellos y su constante apoyo y energía no lo hubiera logrado. A mi papá, porque siempre ha sido un referente en lo ético y en lo profesional, porque por su influencia decidí seguir esta carrera y no me arrepiento de haberlo hecho, y porque para mí siempre será el mejor Médico Veterinario y papá que existe. A mi mamá, porque si hay una persona en este mundo que me ayuda a solucionar mis problemas es ella, porque sin sus palabras de aliento posiblemente me hubiera rendido después de ese 1,5 en química y porque sé que siempre puedo contar con su apoyo y cariño. A mis hermanos Javi y Jose, por las infinitas locuras, risas y travesuras, espero que nunca dejemos de ser lo infantiles que somos cuando estamos juntos.

Por último, quiero agradecer a Diego, porque me ha tenido que aguantar en los momentos de crisis de mutismo y peor aún en los de hiper-expresión, pero más que eso ha sido mi compañero en la vida desde los 15 y hemos crecido juntos, gracias por acompañarme tanto en tantas aventuras y gracias por cada conversación. Eres una parte importante de todos mis logros, te amo.

Tabla de contenido

RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN	8
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	9
HIPÓTESIS.....	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
A. ANIMALES	15
B. ALIMENTACIÓN.....	15
C. APLICACIÓN DEL PREPARADO ENZIMÁTICO.....	16
D. VARIABLES REGISTRADAS	16
E. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
1. PESO METABÓLICO DE LOS NOVILLOS	20
2. GANANCIA DIARIA DE PESO METABÓLICO	22
3. CONSUMO DE ALIMENTO.....	24
4. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA	27
DISCUSIÓN GENERAL	29
CONCLUSIONES	33
BIBLIOGRAFÍA	34

Índice de tablas

Tabla 1. Dieta para los novillos de engorda al inicio del ensayo.....	15
Tabla 2. Valores de significancia estadística para los efectos incluidos en el modelo de ANOVA para peso metabólico ($\text{Kg}^{0,75}$).....	20
Tabla 3. Medias ($\pm\text{EE}$) de pesos metabólicos de los novillos, según tratamiento y raza para los días 0 y 60 ($\text{Kg}^{0,75}$) *	21
Tabla 4. Medias ($\pm\text{EE}$) de GDP metabólico de los novillos, según tratamiento y raza, por periodo ($\text{Gr/día Kg}^{0,75}$)*	22
Tabla 5. Promedios ($\pm\text{EE}$) de las GDP de los novillos, en kilogramos, según tratamiento y raza, para los 60 días del ensayo*	23
Tabla 6. Media ($\pm\text{EE}$) de consumo de alimento diario, según tratamiento y raza, para 60 días de ensayo. ($\text{Kg. M.S./animal/día}$)*	26
Tabla 7. Valores de significancia estadística para los efectos incluidos en el modelo de ANOVA para eficiencia de conversión	27
Tabla 8. Medias ($\pm\text{EE}$) de coeficiente de la eficiencia de conversión alimentaria (ECA), en Kg. de MS., por grupo según raza y tratamiento*	28

Índice de figuras

Figura 1. Consumo de Materia seca (Kg/novillo/día) realizado con 27 mediciones distribuidas en 60 días de ensayo.....	25
Figura 2. Consumo de Materia seca (Kg/novillo/día), según grupos tratamiento y control, medido 27 veces distribuidas en 60 días.....	26
Anexo 1. Formulación Premix Novillo Pro feed lot.....	38

RESUMEN

En los últimos años ha habido un aumento en la demanda de productos ganaderos de alta calidad, previéndose que para el año 2050 esta demanda aumente en 70%. Por este motivo se hace necesario mejorar la eficiencia de los sistemas productivos, donde una de las alternativas para aquello es el uso de enzimas exógenas en la alimentación de rumiantes.

Con el objetivo de determinar los efectos que tiene el uso de enzimas fibrolíticas exógenas sobre el comportamiento productivo de novillos de engorda a corral, se utilizaron 160 novillos de una engorda en confinamiento ubicada en la comuna de Linares, región del Maule. Se seleccionaron 80 novillos de razas de carne bajo los 435 kg. de peso y 80 novillos de raza Holstein bajo 460 kg. de peso. En ambos casos fueron asignados aleatoriamente a grupo control (n = 40) y grupo en tratamiento (n = 40). A estos últimos se les administró el producto enzimático Vista Pre-T® (AB Vista, Marlborough, Wiltshire, Reino Unido), en una dosis de 750 mL/Ton. MS. dos veces al día mezclado con cada ración, durante 60 días. Todos los novillos fueron pesados al inicio, al día 30 y al día 60, además se hicieron mediciones de consumo durante todo el ensayo, y en repetidas ocasiones se hicieron análisis nutricionales de la ración para conocer los porcentajes de materia seca y el aporte nutricional a lo largo del ensayo. Con estos datos se obtuvo que los pesos metabólicos de los grupos control (con un promedio de 103,7 Kg^{0,75}) no fueron diferentes a los grupos tratados (103,6 Kg^{0,75}). En base a esta información se calculó GDP y tampoco se observaron diferencias entre grupos control (1,48Kg/día) y grupos tratados (1,41 Kg/día). Las diferencias en el consumo tampoco mostraron ser significativas, ya que los grupos tratados obtuvieron una media de 12,9 Kg Ms./día versus los grupos tratados que consumieron 12,4 Kg Ms./día. Finalmente, los coeficientes de ECA tampoco fueron diferentes entre grupos control (9:1) y tratados (10,7:1).

Colectivamente, estos resultados no muestran un efecto beneficioso del uso de enzimas fibrolíticas exógenas (xilanasa y celulasa) sobre los indicadores productivos estudiados, en las condiciones de este ensayo.

ABSTRACT

In the last years has been an increase on demand for high quality livestock products, anticipating that, by the year 2050 this demand would increase 70%. For this reason it's necessary improve the efficiency of productive systems, where one of the alternatives is the use of exogenous enzymes in ruminants feed.

With the objective of determining the effects of the use of exogenous fibrolytic enzymes (EFE) on productive behavior of feed-lot steers, 160 steers were used form a feed-lot located in Linares, Maule region. 80 steers of beef breeds were selected under 435 Kg. of weight and 80 Holstein steers under 460 Kg. In both cases, they were randomly assigned to control group (n=40) and treated group (n=40). The enzyme product, Vista Pre-T® (AB Vista, Marlborough, Wiltshire, United Kingdom), was given to the treated groups in a dose of 750mL/Ton. DM twice a day mixed with food, for 60 days. All the steers were weighed at the beginning, at day 30 and 60, the dry matter intake (DMI) was also measured during the study, and nutritional analyzes of the ration were made repeatedly to know the dry matter (DM) and the nutritional contribution throughout the study. With this information it was obtained that the metabolic weights of the control groups (average of 103.7 Kg^{0.75}) weren't different to the treated groups (103.6 Kg^{0.75}). Based on this, average daily gain (ADG) was calculated and there were no differences between control groups (1.48 Kg/day) and treated groups (1.41 Kg/day). The DMI differences didn't show to be significant, because the treated groups had an average of 12.9 Kg Ms./day versus the treated groups that ate 12.4 Kg. Ms./day. Finally, the coefficients of feed conversion efficiency were not different between control (9:1) and treated (10.7:1) groups.

Collectively, these results don't show a beneficial effect of the use of EFE (xylanase and cellulase) on the productive indicators, on the conditions of this study.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha aumentado la demanda mundial de productos animales de calidad. De hecho, se prevé que para el año 2050 esta incremente en 70% para lograr alimentar a una población que se estima alcance 9.600 millones de personas (FAO, 2018). Por esto se ha vuelto necesario hacer más eficientes y rentables las explotaciones destinadas a producir alimentos para la población. Una de las industrias que tiene alternativas para ser más eficiente es la ganadera.

La producción de carne bovina nacional ha ido disminuyendo en los últimos años, debido a que la rentabilidad de los sistemas ganaderos es menor en comparación a la que se puede obtener de otro tipo de actividades económicas emplazadas en los mismos terrenos. Es así como muchos productores han decidido cambiarse de rubro, por ejemplo, a la industria de los cereales, de los frutos secos e incluso al sector inmobiliario. Otra causa de la disminución en la producción nacional de carne, es la exportación de vaquillas y terneros en pie.

Por otro lado, el valor de los insumos alimentarios es cada vez más elevado y el costo de alimentación sigue siendo el más alto dentro de un sistema de engorda bovina, por lo tanto, la rentabilidad del sistema, en la mayoría de las ocasiones, depende del factor alimentación.

Es por esto que se hace necesario aumentar la rentabilidad, a través de una mejora en la eficiencia de estos sistemas. Dentro de los mecanismos que se utilizan para aquello, se encuentra el uso de enzimas en la alimentación de rumiantes. Las enzimas más utilizadas son las xilanasas, celulasas y hemicelulasas, debido a que estas favorecen la digestión de la fibra dietaria y, por lo tanto, disminuyen los costos de alimentación.

Existen pocos estudios publicados que hablen sobre el uso de enzimas en la alimentación de rumiantes, y los que existen muestran resultados bastante variables. Por esto, en el presente estudio se evaluaron los efectos productivos de un preparado enzimático comercial en base a xilanasas y celulasas, incorporado a la ración de novillos en engorda a corral. Los parámetros productivos medidos incluyeron: peso corporal, ganancia diaria de peso, consumo y eficiencia de conversión alimentaria.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El crecimiento demográfico, aumento de riquezas y urbanización se han traducido en una mayor demanda de productos ganaderos de calidad, en particular en los países en desarrollo. Se prevé que esta demanda a nivel mundial aumente en 70 por ciento, para poder alimentar a una población que se estima alcance 9.600 millones de personas en el año 2050 (FAO, 2018).

Gran parte de esta creciente demanda se podría cubrir a través de la rápida expansión de formas más modernas de producción intensiva de ganado, a pesar de que los sistemas tradicionales seguirán existiendo en paralelo. El crecimiento de la demanda presenta también oportunidades para cerca de mil millones de personas de escasos recursos que se calcula dependen de la ganadería para obtener alimentos e ingresos. Mientras que el sector proporciona alimentos de alto valor nutritivo además de muchas otras funciones económicas y sociales, las implicancias que tiene su uso en los recursos naturales son de gran alcance (FAO, 2018).

En contraste a la demanda mundial, en los últimos años la producción nacional de carne bovina ha tenido una tendencia a la baja. Es así como durante el periodo de enero-noviembre 2017 alcanzó un total de 182.887 toneladas, lo que representa una disminución de 6,8% con respecto al mismo periodo del año anterior. Sin embargo, el beneficio de novillos mostró un alza del 4% en el mismo periodo (Pizarro y Aguirre, 2018). Esta tendencia a la baja de la producción se debe, en parte, a la disminución en el beneficio de hembras, situación propia de la etapa de retención de vientres del ciclo ganadero, y a la llegada de un nuevo negocio para el rubro, la exportación de ganado en pie (Aguirre y Esnaola, 2018).

En términos del comercio internacional, en el año 2017 se observaron exportaciones de carne bovina un 1,8% mayores que el año anterior. En cuanto a las importaciones de carne bovina, éstas aumentaron 7,6% en el mismo año, lo que se puede traducir en un aumento general del consumo de este tipo de proteína (Pizarro y Aguirre, 2018).

El mercado extranjero de animales en pie de razas cárnicas, también demanda terneros que se destinan a crianza y engorda, lo que ha llevado en el corto plazo a una disminución en la cantidad de terneros disponibles para engorda, dentro del país. Con esto se ha producido además un aumento en el precio de los terneros, constituyendo una buena oportunidad de negocio para los ganaderos dedicados a la crianza que normalmente tienen el margen de rentabilidad más ajustado dentro de la cadena de la carne (Aguirre *et al.*, 2015). Sin embargo, este aumento en el precio del ternero significa que se encarecen los costos para los engorberos, reduciendo así los márgenes de utilidad del negocio (Guerra, 2017). La exportación de animales vivos ha cambiado las condiciones del negocio y, en época de cambios se debe reflexionar también acerca de los desafíos futuros y la necesidad de innovar en los procesos e incorporar tecnología a lo largo de la cadena (Aguirre y Esnaola, 2018).

El costo de los forrajes e insumos destinados a alimentación animal ha ido aumentando a lo largo de los años, afectando directamente a los sistemas de engorda bovina, donde la alimentación es el mayor costo individual, pudiendo llegar a representar el 70% de los costos totales, y la rentabilidad del sistema puede depender del costo relativo y valor nutritivo de los ingredientes de los alimentos disponibles. Como consecuencia, los productores buscan formas de mejorar la eficiencia de conversión alimentaria (ECA) y el rendimiento animal, reduciendo la cantidad de alimento requerido (Beauchemin y Holtshausen, 2010). La mayoría de los planteles utilizan mezclas simples, donde en el mismo predio se mezcla el grano (molido, aplastado o entero) con un concentrado proteico y con un núcleo vitamínico y mineral, a los que se les suma una fuente de fibra larga en forma de heno, ensilaje o henilaje. Mientras mejor sea la calidad del forraje, menos concentrado se utilizará y por lo tanto el costo de la alimentación será menor (Pordomingo, 2013).

Otra forma de mejorar los rendimientos productivos es usando aditivos en las dietas. Estos aditivos pueden ser tanto de origen natural como sintético. Algunos de los más usados son, por ejemplo las levaduras, que mejoran resultados productivos y sanitarios, reduciendo la producción de metano, favoreciendo la estabilidad del pH ruminal, disminuyendo la concentración de amoníaco, aumentando la actividad de la microflora celulolítica,

aumentando flora anaerobia total y favoreciendo la flora que deriva de lactato a propionato (Acedo y González, 1998). Por otra parte, los ionóforos pueden mejorar la ECA al reducir la ingesta de materia seca con poca variación en la ganancia diaria de peso (GDP), principalmente en condiciones de *feed-lot*, o aumentar GDP principalmente en condiciones de pastoreo, debido a cambios en la población microbiana ruminal, estrechando la relación acetato-propionato y disminuyendo la desaminación de proteínas en el rumen (Tedeschi *et al.*, 2011). Otro aditivo que se ha ido incorporando lentamente a las dietas animales son las enzimas, debido a su origen natural y a que no tienen efecto terapéutico, sea cual sea su dosis de administración (Acedo y González, 1998). Complementar la dieta con enzimas específicas mejora el valor nutricional de los ingredientes, aumentando la eficiencia del proceso digestivo (Beauchemin y Holtshausen, 2010).

Todos los animales usan enzimas para digerir sus alimentos, las que son producidas por el animal mismo, o bien, por los microorganismos presentes en el tracto digestivo. Por lo tanto, se puede pensar que existe la posibilidad de mejorar la eficiencia del proceso digestivo a través de la adición de enzimas exógenas (Barletta, 2010).

Sin embargo, hasta la fecha, el uso comercial de enzimas en la alimentación de ganado bovino sigue siendo muy limitado, a pesar de que el aumento de los costos de alimentación y la disminución de los costos de estas enzimas han contribuido a desarrollar y evaluar aditivos enzimáticos destinados a rumiantes (Beauchemin y Holtshausen, 2010). Celulasas, hemicelulasas y xilanasas parecen ser los tipos de enzimas más enfocadas a su aplicación en rumiantes. Este tipo de enzimas actúan favoreciendo la digestibilidad de la fracción FAD (fibra ácido detergente) de los forrajes, causando hidrólisis de los azúcares presentes en la matriz fibrosa, lo que forma cavidades en la superficie de ésta (Acedo y González, 1998).

Se cree que la suplementación con enzimas fibrolíticas exógenas (EFE) aumenta la degradación y fermentación ruminal de las paredes celulares del forraje (Tirado *et al.*, 2017). El uso de enzimas degradantes de la pared celular es una tecnología emergente que muestra potencial en términos de mejorar la utilización de forrajes por parte de los rumiantes (Beauchemin *et al.*, 2004), lo que podría reducir los costos de alimentación manteniendo el rendimiento productivo; sin embargo, las interacciones subyacentes son desconocidas y los efectos del uso de EFE son muy variables (Tirado *et al.*, 2017).

En ganado lechero los resultados son bastante consistentes en cuanto al efecto beneficioso de la adición de EFE en la ración. Así, en un metaanálisis que incluyó 17 experimentos en ganado lechero, se observó que la inclusión de EFE producía un aumento moderado en la producción de leche y de grasa, de proteína y de lactosa, aunque sus efectos dependían del tipo de enzima y la forma de inclusión (Arriola *et al.*, 2017).

En otro estudio realizado en vacas de lechería se mostró que no existen ventajas significativas en la producción láctea, ganancia diaria de peso, condición corporal, composición de la leche o consumo de materia seca al aplicar enzimas fibrolíticas exógenas en la ración (Dhiman *et al.*, 2002). Al aplicar las enzimas directo a la ración total mezclada (TMR), en lugar de al forraje o concentrado, sólo aumentó la concentración de proteína en leche (Arriola *et al.*, 2017).

Tirado *et al.* (2017) realizaron un metaanálisis sobre el uso de EFE en rumiantes, que incluyó 74 trabajos publicados. En vacas lecheras alimentadas con dietas altas en forraje la suplementación con EFE se relacionó con un aumento en la producción de leche y sólidos. En bovinos de carne, con dietas altas en forraje, aumentó sólo el consumo de materia seca, situación que no se observó en vacas de lechería. En contraste en bovinos de carne con dietas bajas en forraje se observó una mejora de GDP y ECA. Sin embargo, se incluyeron solamente tres estudios realizados en novillos en engorda intensiva.

En un estudio realizado con 16 novillos para engorda de raza Holstein Friesian, se observó una mejoría en GDP, ganancia de peso total y eficiencia de conversión de alimentos, en aquel grupo tratado con enzimas fibrolíticas. Sin embargo, los autores señalan que los resultados pudieron estar influenciados por la calidad de la alimentación, la forma de administrar la enzima, e incluso la gestión administrativa del predio (Balci *et al.*, 2007).

El uso de enzimas en animales monogástricos está ampliamente estudiado, pues se usan habitualmente en la industria de cerdos y aves. En cambio, en rumiantes es un área que aún se encuentra en la etapa de investigación (Barletta, 2010). Existen algunos trabajos publicados, pero son limitados y siempre recogen aspectos muy específicos, de los que luego es difícil hacer extensión y síntesis de los resultados. El problema se acrecienta, ya que posteriormente las condiciones de manejo y alimentación varían enormemente, no solo

entre países, sino que incluso entre regiones dentro de un mismo país (Acedo y González, 1998).

Por lo anterior es que, en este estudio, se evaluó el uso de un producto enzimático comercial, en base a xilanas y celulasas, en dietas de novillos de engorda en un *feed-lot* de la región del Maule, a través de la medición de los parámetros de producción habituales, como son peso, GDP, ECA y consumo de materia seca.

HIPÓTESIS

La inclusión de enzimas fibrolíticas exógenas en la ración de novillos en engorda a corral, tiene efectos positivos sobre su rendimiento productivo.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto que tiene la inclusión de enzimas fibrolíticas en la ración sobre parámetros productivos de novillos en engorda a corral.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comparar peso de novillos cuyas dietas son tratadas con enzimas fibrolíticas exógenas, en relación a novillos con raciones sin el tratamiento.
2. Evaluar el efecto que tiene el uso de enzimas fibrolíticas exógenas en la ración, sobre la ganancia diaria de peso de novillos en la última etapa de engorda.
3. Evaluar el efecto del uso de enzimas fibrolíticas exógenas en la ración, sobre el consumo de alimento en novillos de engorda a corral.

4. Comparar eficiencia de conversión alimentaria de animales cuyas raciones son tratadas con enzimas fibrolíticas exógenas, con relación a la de animales con raciones sin el tratamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente ensayo se llevó a cabo en el fundo San Luis, perteneciente a la Agrícola Los Queltehues, ubicado en la Palmilla, comuna de Linares. El predio cuenta con 8 Ha de *feed-lot*, dentro de las cuales hay 3 galpones con su respectivo complejo de corrales. Los insumos alimentarios son almacenados en bodegas y en el caso de los ensilados se almacenan sobre un radier con su cubierta plástica correspondiente. En el predio no se produce ninguno de los insumos alimentarios.

Los corrales tienen piso de concreto con cama de capotillo de arroz, y una plataforma de alimentación que da hacia los comederos. Los bebederos son compartidos entre 2 corrales y son de llenado continuo desde un pozo profundo.

La dieta de los animales es formulada de acuerdo con sus requerimientos (NRC ganado de carne, 2016) e incluye los siguientes insumos: ensilaje de chala de maíz dulce (planta de maíz una vez extraído el grano), melaza, maíz grano molido, avena molido, afrecho de raps, afrechillo de trigo, urea y sales minerales (Premix Novillo Pro, Centrovét, anexo 1). La ración es mezclada en un carro de alimentación y entregada dos veces al día. A la ración se le agregó el preparado enzimático denominado Vista Pre-T® (AB Vista, Marlborough, Wiltshire, Reino Unido), que es un extracto crudo, fermentado, de color marrón derivado del hongo *Trichoderma reesei*, cuyo contenido principal es xilanasas y celulasas. Este producto contiene, por cada gramo, 350.000 BXU de xilanasas y 10.000 ECU de celulasa (1 BXU es la cantidad de enzima que liberará 0,06 micromoles de azúcares reductores,

equivalentes de xilosa, del xilano de abedul por minuto en pH 5,3 y 50°C. Y 1 ECU es la cantidad de enzima que liberará 0,06 micromoles de azúcares reductores como glucosa de hidroxietilcelulosa por minuto en pH 4,8 y 50°C).

a. Animales

Se utilizaron 80 novillos de razas de carne y doble propósito, y 80 novillos de raza Holstein en la fase final de su engorda. Se eligieron animales de peso \leq 460 kg en el caso de los Holstein, y bajo 435 kg en el caso de los novillos de razas de carne. Dentro de cada raza, los animales se asignaron aleatoriamente a dos grupos de 40 animales cada uno, para ser utilizados como grupo control y grupo tratado con el producto Vista Pre-T®.

Para facilitar el manejo, los cuatro corrales utilizados en el estudio fueron identificados con letreros visibles con las letras A, B, C y D, siendo los corrales A y B los grupos control y C y D los grupos tratados. Además, los animales de un mismo corral tenían crotales de un color diferente al de los otros corrales, independiente del dispositivo individual de identificación oficial (DIIO).

b. Alimentación

Al comienzo del ensayo los animales recibieron la dieta que se describe a continuación (Tabla 1). Sin embargo, ésta fue variando a medida que avanzaba el estudio según el consumo de los animales y la disponibilidad de insumos.

Tabla 1. Dieta para los novillos de engorda al inicio del ensayo

Insumo	Kg /Animal/Día(tco)
Chala de Maíz (25% MS)	20,0
Afrechillo de Trigo	0,4
Melazan	1,4
Avena Molida	3,1
Afrecho de Raps	0,5
Maíz Molido	1,2

Urea Granulada	0,04
Premix Novillo Pro	0,05
Consumo kg/animal	26,69

Esta formulación aportaba aproximadamente 10,39 Kg de materia seca, 11,5% de proteína cruda y 2,65 Mcal de energía metabolizable/ Kg M.S. Además de 32,9% de FDN en base M.S.

La dieta se dividió en 2 raciones diarias. La primera se entregó desde las 11:00 horas, y la segunda desde 16:30 horas por medio de un carro mezclador con capacidad para 6.000 kg.

c. Aplicación del preparado enzimático

A la ración de los animales tratados se le adicionaron 750 mL del producto Vista Pre-T®/ Tn M.S. El preparado se diluía en agua a razón de 750 mL del producto en 20 L de agua. La adición a la ración se realizaba por medio de aspersion con una bomba de fumigación acoplada al carro mezclador. Una vez que el carro había entregado alimento en los dos primeros corrales (grupos control) se ponía a funcionar la bomba que asperjaba el preparado enzimático sobre el alimento correspondiente a los animales de los grupos en tratamiento.

d. Variables registradas

Los animales permanecieron 60 días en el ensayo. Se realizó pesaje individual al inicio, a los 30 días y 60 días de iniciado el ensayo. Se registró diariamente la cantidad de alimento entregada a cada grupo. Tres veces a la semana se pesaba el remanente de alimento en los comederos para determinar posteriormente el consumo, calculando la diferencia entre el alimento entregado y el remanente. Adicionalmente, se hicieron determinaciones semanales de materia seca de la ración entregada y del sobrante para una mejor determinación del consumo y para poder hacer eventuales ajustes en la dieta.

Junto con lo anterior se recogieron muestras de la ración entregada 4 veces durante el ensayo para determinar indirectamente la actividad de las enzimas, a través del análisis del

contenido de paredes celulares, y también para determinar con exactitud el aporte nutricional de lo entregado y poder ajustar la dieta en base a estos resultados. Las muestras fueron enviadas, para realizar análisis de composición nutritiva de la ración, al laboratorio Rock River y al Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Chile.

e. Análisis de la información

Con los datos de los pesajes, se calcularon los pesos metabólicos, cuya fórmula es:

$$\text{Peso metabólico} = \text{Peso corporal}^{0,75}$$

El peso metabólico, medido al inicio, día 30 y día 60, fue analizado a través de un análisis de varianza para medidas repetidas. Se consideraron los efectos de tratamiento, raza y la interacción entre ellos, además de los datos de los pesajes iniciales como covarianza. Lo anterior está expresado en el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + N(T_i)_j + R_k + (T^*R)_{ik} + \beta(PI_l) + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Peso metabólico

T_i = El efecto del i-ésimo tratamiento (Grupo control, grupo tratado)

$N(T_i)_j$ = Efecto del j-ésimo novillo anidado dentro de tratamiento

R_k = El efecto de la k-ésima raza (Holstein, carne)

$(T^*R)_{ik}$ = El efecto de la interacción tratamiento por raza

$\beta(PI_l)$ = Regresión del l-ésimo peso al inicio del ensayo

e_{ijkl} = Error

Con esta información se calculó además la GDP para los periodos 0-30 días, 30-60 días y 0-60 días.

Las GDP de los tres intervalos de tiempo fueron analizadas por separado, a través de análisis de varianza. Se consideraron los efectos de tratamiento, raza, periodo y las

interacciones entre ellos, y los datos de los pesajes iniciales como covarianza. Lo anterior está expresado en el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + T_i + N(T_i)_j + R_k + P_l + (T^*R)_{ik} + (T^*P)_{il} + \beta(PI_m) + e_{ijklm}$$

Donde:

$$Y_{ijkl} = \text{GDP}$$

T_i = El efecto del i-ésimo tratamiento (Grupo control, grupo tratado)

$N(T_i)_j$ = Efecto del j-ésimo novillo anidado dentro de tratamiento

R_k = El efecto de la k-ésima raza (Holstein, carne)

P_l = Efecto del l-ésimo periodo de tiempo (0-30 ds; 30-60 ds; 0-60 ds)

$(T^*R)_{ik}$ = El efecto de la interacción tratamiento por raza

$(T^*P)_{il}$ = Efecto de la interacción tratamiento por periodo

$\beta(PI_m)$ = Regresión del m-ésimo peso al inicio del ensayo

e_{ijkl} = Error

El consumo de materia seca, se calculó según los porcentajes de materia seca obtenidos en análisis realizados a la ración por los laboratorios antes mencionados. El consumo fue analizado a través de un análisis de varianza para medidas repetidas, donde se consideraron los efectos de tratamiento, raza, periodo y la interacción entre ellos. Esto se muestra en el siguiente modelo.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_j + P_k + P(T_i)_k + (T^*R)_{ij} + (T^*P)_{ik} + (T^*P^*R)_{ijk} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Consumo

T_i = El efecto del i-ésimo tratamiento (Grupo control, grupo tratado)

R_j = El efecto de la j-ésima raza (Holstein, carne)

P_k = Efecto del k-ésimo periodo de tiempo (0-30 ds; 30-60 ds; 0-60 ds)

$P(T_i)_k$ = Efecto del k-ésimo periodo anidado dentro de tratamiento

$(T^*R)_{ij}$ = El efecto de la interacción tratamiento por raza

$(T^*P)_{ik}$ = El efecto de la interacción tratamiento por periodo

$(T^*P^*R)_{ijk}$ = El efecto de la interacción entre tratamiento, periodo y raza
 e_{ijk} =Error

La ECA fue analizada a través de un análisis de varianza. Donde se consideraron los efectos de tratamiento, raza y la interacción entre ellos. Lo anterior está expresado en siguiente modelo.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + (T^*R)_{ij} + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = ECA

T_i = El efecto del i-ésimo tratamiento (Grupo control, grupo tratado)

R_j = El efecto de la j-ésima raza (Holstein, carne)

$(T^*R)_{ij}$ = El efecto de la interacción tratamiento por raza

e_{ij} = Error

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Peso metabólico de los novillos

El efecto del producto enzimático sobre los pesos de los animales fue evaluado con pesajes los días 0, 30 y 60 del ensayo, donde el pesaje inicial fue considerado como el control para cada animal de cada grupo. Se observó que, dentro del modelo, la única variable significativa estadísticamente fue el peso inicial ($p \leq 0,05$), tal como se muestra en la Tabla 2. Además, no hubo efecto significativo en ninguna de las otras variables evaluadas (tratamiento, raza, ni la interacción entre ambas variables).

Tabla 2. Valores de significancia estadística para los efectos incluidos en el modelo de ANOVA para peso metabólico ($\text{Kg}^{0,75}$)

Efecto	P
Modelo	<0,0001
Tratamiento	0,16
Raza	0,14
Peso metabólico inicial	<0,0001
Tratamiento*Raza	0,37

En la Tabla 3 se muestran los pesos metabólicos ($\text{Kg}^{0,75}$) iniciales para los diferentes grupos. Estos pesos fueron, en términos numéricos, similares dentro de las razas y diferentes entre ellas, donde los novillos de la raza Holstein tuvieron un peso levemente mayor en comparación a los de las razas de carne. Sin embargo, en términos estadísticos los pesos metabólicos no fueron diferentes entre grupos.

Tabla 3. Medias (\pm EE) de pesos metabólicos de los novillos, según tratamiento y raza para los días 0 y 60 ($\text{Kg}^{0,75}$) *

Tratamiento	Raza	Peso Metabólico Inicial	Peso Metabólico Final
Control	Holstein	93 \pm 0,6 ^a	106,5 \pm 0,8 ^a
Tratado	Holstein	92 \pm 0,8 ^a	104,6 \pm 1,2 ^a
Control	Carne	85 \pm 1,0 ^a	100,9 \pm 0,8 ^a
Tratado	Carne	88 \pm 0,7 ^a	102,7 \pm 0,7 ^a

*Medias con letras distintas en columnas son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

El peso metabólico al final del ensayo tampoco fue diferente entre razas ni entre tratamientos, aun cuando los grupos de novillos Holstein mostraron un peso levemente mayor al de los grupos de carne, lo que es consistente con el peso inicial. El grupo control de raza Holstein mostró un aumento de $13,5\text{Kg}^{0,75}$ entre peso inicial y final; una situación similar se observó en el grupo Holstein tratado donde la diferencia fue de $12,6\text{Kg}^{0,75}$, en promedio. Los animales de razas de carne aumentaron su peso levemente más que los Holstein. Así, el grupo control carne subió $15,9\text{Kg}^{0,75}$ entre el día 1 y 60, y el grupo tratado de la misma raza tuvo un aumento de $14,7\text{Kg}^{0,75}$. Se observa que los novillos de razas de carne ganaron más kilogramos que los novillos Holstein. Situación similar a esta se describe en otros estudios, donde al comparar novillos sobre los 400Kg, tanto de razas de carne, como Holstein, se pudo observar que los novillos de razas de carne tenían mejores GDP ($1,46\text{Kg}/\text{día}$) que los novillos Holstein ($1,19\text{Kg}/\text{día}$), bajo las mismas condiciones de engorda (Duff y McMurphy, 2007).

Al observar los resultados se evidencia que el peso inicial influye fuertemente en el desempeño posterior de los animales, ya que al comparar el peso inicial de cada grupo con

los pesos finales, los grupos que pesaron más al comienzo, también lo hicieron al final. No se observó ningún efecto ($p \geq 0,05$) de la aplicación del producto enzimático, ya que estadísticamente no hubo diferencias entre los grupos tratados y los controles. Esto podría interpretarse como una indicación de que la mezcla de estas enzimas no es una buena combinación para utilizar en rumiantes. Sin embargo, Beauchemin *et al.* (2004) postulan que gran parte de la variabilidad de los resultados puede atribuirse a otros factores tales como: la formulación del producto, la suplementación excesiva de las enzimas, método inadecuado de proporcionar el producto enzimático al animal, composición de la dieta, estado energético de los animales en estudio u otros.

2. Ganancia diaria de peso metabólico

Las ganancias diarias de peso se midieron entre los días 0 al 30, días 31 al 60 y 0 al 60. Al analizar estos datos para cada periodo de tiempo por separado se obtuvo que entre los días 0 y 30 la única variable que tuvo un efecto estadísticamente significativo fue la raza ($p < 0,0001$). Para la ganancia entre los días 31 al 60 la raza fue nuevamente significativa ($p < 0,0001$), pero aquí también fue significativo el tratamiento ($p = 0,005$). Sin embargo, en el ANOVA de la GDP del periodo total (0-60 ds), ninguna variable tuvo significancia estadística. En la Tabla 4 se muestra que para ninguno de los periodos las diferencias de GDP entre grupos fue significativa.

Tabla 4. Medias (\pm EE) de GDP metabólico de los novillos, según tratamiento y raza, por periodo ($\text{Gr/día Kg}^{0,75}$)*

Tratamiento	Raza	GDP metabólico1	GDP metabólico2	GDP metabólicoTotal
Control	Holstein	320 ± 10^a	150 ± 10^a	230 ± 10^a
Tratado	Holstein	320 ± 10^a	120 ± 10^a	210 ± 10^a
Control	Carne	230 ± 10^a	250 ± 10^a	240 ± 10^a
Tratado	Carne	240 ± 10^a	230 ± 10^a	240 ± 10^a

*Medias con letras distintas en columnas son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

En los primeros 30 días del ensayo la raza Holstein mostró mejores ganancias que las razas de carne (entre 80 y 90 gr/día de diferencia). Sin embargo, en la segunda mitad del ensayo las razas de carne ganaron más peso por día que los dos grupos de la raza Holstein

(aproximadamente 100 gramos). Como consecuencia, las ganancias totales son similares entre grupos, con excepción del grupo Holstein tratado cuyas ganancias fueron las menores.

Además de la GDP calculada con los pesos metabólicos se calculó la GDP con los pesos vivos (Tabla 5), ya que es un parámetro más usado en términos prácticos. Nuevamente, no hay diferencias estadísticas ($p \geq 0,05$) entre los valores de los cuatro grupos, ya que los resultados fueron muy similares a los descritos anteriormente. Los grupos control tuvieron GDP numéricamente mayores que los grupos tratados, y además las razas de carne mostraron ganancias mayores que los de la raza Holstein.

Tabla 5. Promedios (\pm EE) de las GDP de los novillos, en kilogramos, según tratamiento y raza, para los 60 días del ensayo*

Tratamiento	Raza	GDP
Control	Holstein	1,47 \pm 0,3 ^a
Tratado	Holstein	1,34 \pm 0,4 ^a
Control	Carne	1,49 \pm 0,1 ^a
Tratado	Carne	1,47 \pm 0,01 ^a

*Medias con letras distintas en columnas son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

En este caso los grupos con mejores ganancias fueron los de las razas de carne, siendo muy similares entre ellos y similar al grupo Holstein control. En cambio, dentro de la raza Holstein, el grupo en tratamiento tuvo menor ganancia que el control, sobre todo en la segunda mitad del ensayo. Por lo tanto, nuevamente se observa que no hubo un efecto del producto enzimático sobre este parámetro. Este tipo de resultados negativos o sin efecto de las enzimas exógenas se han descrito en otros estudios; es así como Tirado *et al.* (2015) señalan que, de 53 experimentos analizados, en 47 de ellos (88,7%) se mostró al menos un efecto, ya sea positivo o negativo, atribuible al uso de preparados enzimáticos, mientras que en los 6 (11,3%) estudios restantes no se produjeron efectos. En el 8% de los experimentos reportados con efectos de las enzimas, los efectos fueron negativos.

La ausencia de efectos positivos se podría deber a un error en el cálculo de la dosis, ya que al utilizar dosis moderadas de un preparado de enzimas fibrolíticas se logra causar una ruptura en la superficie de la fibra, pero si la dosis es más alta entonces las celulasas y xilanasas pueden competir con los sitios de unión a la celulosa viables y afectar negativamente la adherencia microbiana a nivel ruminal (Morgavi *et al.*, 2000). Se puede

pensar que esta situación no ocurrió en el presente estudio, ya que se utilizó la dosis recomendada por el fabricante. Sin embargo, se ha postulado que se debe buscar la relación adecuada entre endoglucanasas y xilanasas, ya que ésta varía dependiendo del sustrato en el que se aplicará el preparado enzimático (Eun *et al.*, 2007). Es por esto que la correcta dosis de enzimas fibrolíticas exógenas depende del tipo de dieta (Tirado *et al.*, 2015).

Por otro lado, se hace difícil creer que esta sea la causa de que las ganancias en el caso del grupo Holstein tratado hayan sido menores al control, ya que la dosis del producto enzimático fue la misma para los dos grupos en tratamiento. Sin embargo, hay que recordar que esta menor ganancia de peso del grupo Holstein tratado, sobre todo en la segunda mitad del periodo de evaluación, no alcanzó significancia estadística ($p \geq 0,05$).

3. Consumo de alimento

El consumo de alimento fue medido en cada corral en 27 oportunidades (Figura 1) las que se distribuyeron a lo largo de los 60 días que duró el ensayo. Entre las mediciones 1 y 11, correspondientes a los primeros 26 días de ensayo, los 4 grupos presentaron consumos similares, los que oscilaron entre los 10 y los 13 Kg. M.S./animal/día. Posterior a esto, entre las mediciones 12 y 14 (entre los días 30 y 33 del ensayo), hubo una disminución del consumo de materia seca en los grupos de novillos control carne y tratado Holstein alcanzando cerca de los 8 Kg. MS/animal/día, pero los grupos control Holstein y tratado carne se mantuvieron en los 11 Kg. MS/animal/día. Esto último se podría justificar en que entre los días 26 y 33 del ensayo, no hubo disponibilidad de Melazan, ni maíz chancado para incluir en las raciones, lo que disminuye la palatabilidad de la misma. Sin embargo, esta situación afectó a los 4 grupos por igual y la disminución más marcada del consumo ocurrió sólo en 2, por lo que se podría pensar en otras situaciones. Una posibilidad es que el carro mezclador, al repartir en esos 2 corrales (correspondientes a los centrales) haya entregado más alimento del correspondiente, sin registro de aquello, por lo tanto al día siguiente se podría haber encontrado más alimento residual en los comederos de lo habitual, subestimándose el consumo. Otra posibilidad es que, al contrario de la situación anterior, se haya entregado menos alimento del calculado, pero quedando registrado, por lo

tanto los novillos comieron sólo lo que tenían disponible, disminuyendo de forma real el consumo.

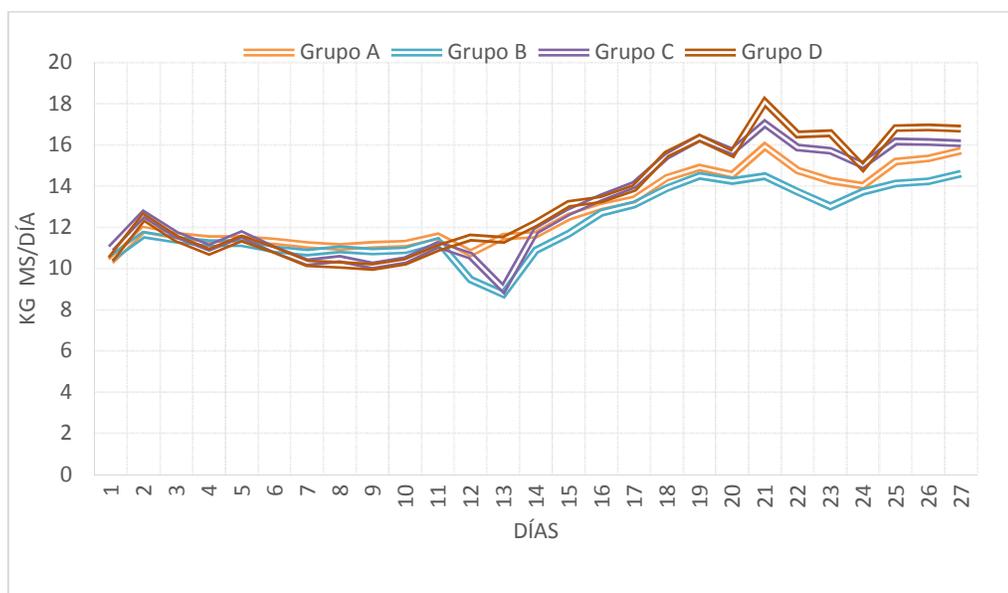


Figura 1. Consumo de Materia seca (Kg/novillo/día) realizado con 27 mediciones distribuidas en 60 días de ensayo

Donde: Grupo A es control Holstein; B es control carne; C es tratado Holstein y D es tratado carne.

En la segunda mitad de las mediciones se observó un aumento constante del consumo de alimento en los 4 grupos, pero manteniéndose siempre más altos los consumos de los grupos C y D, correspondientes a los grupos de ambas razas que recibieron el preparado enzimático, situación que se observa más claramente en la Figura 2.

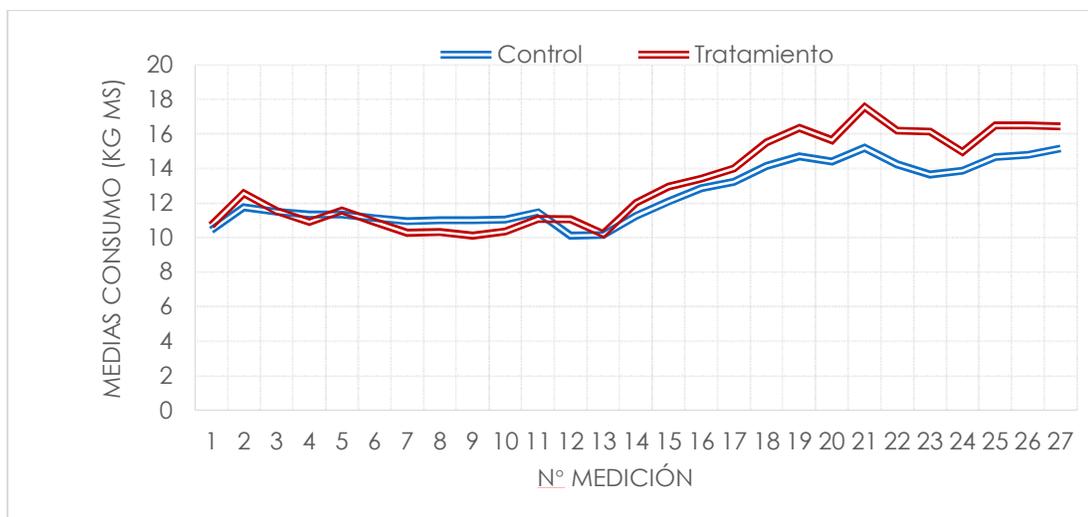


Figura 2. Consumo de Materia seca (Kg/novillo/día), según grupos tratamiento y control, medido 27 veces distribuidas en 60 días

El día de la medición 21, correspondiente al día 46 de ensayo, hubo un aumento del consumo en relación a la medición 20 (día 45 de ensayo), en los 4 grupos. Este aumento se puede deber a que entre estos 2 días se les aumentó la cantidad de alimento entregado, por lo tanto, al tener mayor disponibilidad, mayores fueron los consumos.

En cuanto a los resultados obtenidos del ANOVA para este parámetro, ninguna de las variables del modelo alcanzó significancia ($p \geq 0,05$).

A modo de resumen se elaboró la Tabla 6 donde se muestran las medias de consumo de cada grupo para el periodo completo, donde se observa que los consumos fueron bastantes similares entre grupos, sobre todo en el caso de las razas Holstein. Los grupos de las razas de carne fueron más dispares, ya que el consumo del grupo tratado fue de 13 Kg. M.S./animal/día aproximadamente, mientras que en el grupo control se observó el menor consumo, con 12,1 Kg. M.S./animal/día.

Tabla 6. Media (\pm EE) de consumo de alimento diario, según tratamiento y raza, para 60 días de ensayo. (Kg. M.S./animal/día)*

Tratamiento	Raza	Cons.An/Día
Control	Holstein	12,7 \pm 0,9 ^a
Tratado	Holstein	12,8 \pm 1,1 ^a
Control	Carne	12,1 \pm 0,6 ^a
Tratado	Carne	13,0 \pm 1,1 ^a

*Medias con letras distintas en columnas son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Si bien los consumos no fueron diferentes estadísticamente entre los grupos, se puede ver en la Figura 2 que los consumos de los grupos tratados fueron más altos en la segunda mitad del ensayo en relación al de los grupos control. Sin embargo, en este caso, esto no representa necesariamente una ventaja, ya que este mayor consumo de materia seca, no se asoció a una mejor performance en cuanto al peso corporal. Situación similar se pudo observar en un metaanálisis realizado por Tirado *et al.* (2017), donde las raciones eran altas en forraje y basadas en gramíneas, en esos estudios el consumo de materia seca fue 1,1 Kg. mayor en los grupos tratados en relación a los controles, sin que se produjeran diferencias en la GDP.

4. Eficiencia de Conversión Alimenticia

Para estimar la ECA se dividió el consumo promedio diario de cada grupo por la GDP media de cada grupo. Se observó que ninguna de las variables, ya sea tratamiento, raza o interacción entre ambas, tuvo un efecto significativo en la ECA ($p \geq 0,05$) (Tabla 7).

Tabla 7. Valores de significancia estadística para los efectos incluidos en el modelo de ANOVA para eficiencia de conversión

Efecto	p
Modelo	0,86
Tratamiento	0,69
Raza	0,52
Tratamiento*Raza	0,81

De esta operación se obtuvo, como media, que los grupos de razas de carne fueron numéricamente más eficientes en el uso del alimento que los de la raza Holstein (8,43Kg. de MS. versus 11,34Kg. de MS., respectivamente) (Tabla 8).

Tabla 8. Medias (\pm EE) de coeficiente de la eficiencia de conversión alimentaria (ECA), en Kg. de MS., por grupo según raza y tratamiento*

Tratamiento	Raza	ECA
Control	Holstein	9,9 \pm 4,1 ^a
Tratado	Holstein	12,7 \pm 7,1 ^a
Control	Carne	8,0 \pm 0,1 ^a
Tratado	Carne	8,7 \pm 1,2 ^a

*Medias con letras distintas en columnas son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Al comparar las eficiencias de los grupos Holstein se obtuvo que el grupo control fue más eficiente en la conversión de alimento que el grupo tratado, sin embargo esta diferencia entre grupos no alcanzó significancia ($p \geq 0,05$). La eficiencia en el caso de los novillos de raza de carne fue mejor, y más similar entre grupos, siendo ligeramente más eficientes los novillos del grupo control, ya que requirieron 700 gr. menos de MS, que los del grupo tratado, para subir 1 Kg. de peso corporal, pero nuevamente esta diferencia no alcanzó significancia estadística.

La ECA que se obtenía habitualmente en el predio donde se llevó a cabo el ensayo, durante el desarrollo del mismo era de 9 Kg. de MS. para ganar cada kilogramo de peso vivo, lo que quiere decir, que solo los novillos de razas de carne tuvieron eficiencias mejores que las del promedio predial. En contraste, la ECA que se maneja en las engordas a nivel país van entre 10 a 12 Kg. de MS por cada Kg. de peso obtenido (Egaña, 2019). Esto significa que sólo el grupo Holstein tratado fue menos eficiente que la media nacional. Y al compararlo con los otros grupos se observó que su ECA fue más alta, a pesar de no existir diferencias estadísticas entre ellos. Esto se respalda en que la GDP entre los días 31 y 60 en este grupo, fue la menor registrada entre los cuatro grupos. Como posibles causas de esta situación se pueden considerar, nuevamente un problema de cálculo en la dosis en relación al sustrato, como también un error en el pesaje de los novillos tanto del día 30 como del día 60.

DISCUSIÓN GENERAL

Los parámetros productivos evaluados en el presente estudio no mostraron los efectos esperados al aplicar el preparado enzimático. Se han descrito resultados similares en otros estudios, en los que ni la ingesta de materia seca (Carreón *et al.*, 2010), ni la GDP, ni la ECA se han visto afectadas por la acción de las enzimas (Alvarez *et al.*, 2009). Un estudio realizado por Miller *et al.* (2008) con novillos de la subespecie *indicus* cuyas dietas eran basadas en los granos, sorgo o cebada, mostró que los novillos alimentados con sorgo tuvieron un mayor consumo, el que no se observó en los novillos de las dietas basadas en cebada. Sin embargo, en ninguno de los dos casos se afectó la ECA. Resultados similares a los de estos autores obtuvieron Wang *et al.* (2003), donde el uso de enzimas exógenas aumentó la GDP entre 5% y 6% al inicio del periodo de engorda, pero no en la etapa final, y en consecuencia la ECA general no fue diferente entre grupo control y tratado. Es importante mencionar que esto no significa necesariamente que los preparados enzimáticos estén fallando en generar su efecto sobre las paredes de la fibra, ya que la investigación pre-existente sugiere que la suplementación con enzimas fibrolíticas exógenas, ya sea en ganado bovino, caprino u ovino, mejoran la digestibilidad de la materia seca medida tanto *in vivo*, como *in situ* e *in vitro* (Tirado *et al.*, 2017).

También existen otros trabajos en que los resultados, en términos productivos, fueron positivos, tal como lo señalan Gómez-Vázquez *et al.* (2011) donde, en un grupo de novillos alimentados a pastoreo en pasto Sudán (*Sorghum sudanense*), con suplementación diaria (1 hora a libre disposición) de concentrado, caña de azúcar fermentada, urea y premezcla de vitaminas y minerales, la GDP, consumo de MS y ECA mejoraron linealmente a medida que se aumentaba la dosis de enzima. Sin embargo, otros autores describen que es difícil determinar la dosis óptima, debido a que las respuestas a los productos enzimáticos no son siempre lineales.

Las eventuales causas que podrían explicar, al menos parcialmente, que no se observaran resultados productivos positivos en el presente estudio son muy variadas; dentro de las que destacan, como ya se mencionó anteriormente, el cálculo de la dosis del producto

enzimático, relación entre las enzimas y el tipo de sustrato en que se aplicó. Todas estas situaciones están muy relacionadas entre sí. Por ejemplo, en un estudio realizado por Yang *et al.* (2011) se sugiere que dietas basadas en leguminosas pueden contener una mayor concentración de xilanas que dietas basadas en gramíneas. Esto se obtuvo al comparar la degradabilidad de heno de alfalfa y paja de arroz con 26 productos enzimáticos diferentes. En cuanto a la relación entre las enzimas, se ha observado que una baja actividad de celulasa es la limitante para la velocidad de digestión microbiana a nivel ruminal, y que, en contraste, un exceso de actividad de xilanas puede afectar negativamente a las poblaciones de microorganismos ruminales.

Es por esto, que es recomendable determinar la relación óptima entre celulasa y xilanas para cada tipo de dieta (Eun *et al.*, 2007). Cabe recordar que el preparado enzimático utilizado en esta ocasión tiene mayor actividad de xilanas que de celulasa.

Otra posibilidad para el nulo efecto del producto es la temperatura a la que se realizó la mezcla de las enzimas con el sustrato, debido a que este ensayo fue realizado entre noviembre y enero de los años 2017 y 2018, meses entre los cuales la temperatura máxima promedio en Linares es de 26°C y la mínima promedio es de 13°C. Sin embargo, hay días, especialmente en el mes de enero, en que la máxima puede llegar a los 33°C (Weather Spark, 2019). Temperaturas como estas pudieron provocar una disminución del efecto de las enzimas antes de su aplicación o incluso después de su aplicación y durante el proceso de mezcla del alimento, ya que, según recomendaciones del fabricante, la temperatura óptima de almacenamiento del producto es de 23°C en un lugar fresco y seco. También se debe considerar el tiempo transcurrido entre la aplicación del producto y el suministro del alimento a los novillos. En un estudio llevado a cabo por Colombatto *et al.* (2003) se demostró que enzimas derivadas de *Trichoderma reesei*, que es el mismo hongo del cual se extraen las enzimas de Vista Pre-T®, mejoran la fermentación de xilano y celulosa por una combinación de efectos pre y post tratamiento. En el caso del pre-tratamiento con el preparado enzimático, tuvo una duración de 20 horas en condiciones de temperatura de 20°C. Esto es diferente a lo realizado en el presente ensayo, donde las enzimas se aplicaron sólo entre 15 a 10 minutos previo a la entrega de alimento en los corrales de los animales

tratados, respetando las indicaciones establecidas por el fabricante, y en las condiciones de temperatura ambiental que ya se mencionaron.

Existen otras variables que no se pueden descartar al momento de analizar los resultados; entre ellas hay que considerar que, contrario a lo que se creía en un comienzo, los corrales en los que se mantuvieron los novillos no eran todos del mismo tamaño. El corral de los novillos Holstein control contaba con 8,25 m²/animal, en contraste con el grupo Holstein tratado que contaba con 7,5 m²/animal. Esta situación podría explicar la menor GDP que tuvo este grupo en la segunda mitad del ensayo. En el caso de los novillos de razas de carne, el grupo control disponía de 6,15 m²/animal y el tratado de 7,5 m²/animal. A pesar de las diferencias en la superficie, todos los novillos contaban con espacio de comedero mayor a la recomendación de 30 cm. lineales por animal (Pordomingo, 2013). Este espacio permite que el 70% de los animales coman al mismo tiempo. En el presente ensayo los novillos contaban con entre 62 y 82 cm. lineales de comedero por cabeza.

Otra consideración que se debe tener es que en estudios realizados en terreno y donde algunos datos son obtenidos a mano, siempre existe la posibilidad del error humano. Por ejemplo, pudo existir un error al registrar la cantidad de alimento entregado, al determinar el consumo diario, o también, en el pesaje de los novillos en cualquiera de las 3 mediciones realizadas.

Se deben mencionar otras dificultades ocurridas durante el desarrollo del ensayo. La principal problemática fueron los continuos cambios de personal de la engorda, tanto a nivel administrativo, como a nivel de operarios. Esto produjo dificultades para organizar el ensayo y también para delegar funciones relacionadas con el mismo. Por otro lado, se hizo necesario realizar cambios en los volúmenes de la ración durante los primeros días, debido a que al momento de revisar los comederos en las mañanas estos se encontraban vacíos, lo que podría haber sido un indicador de que los animales estaban quedando con hambre, además de que hacía imposible hacer una medición precisa de consumo. Sin embargo, estos cambios afectaron a todos los animales por igual, por lo que es poco probable que la falta de efectos positivos haya sido influenciada por estas situaciones. Una última dificultad fueron las fallas del carro mezclador en 2 ocasiones durante el ensayo.

En cuanto a las diferencias que existieron entre razas y que posicionaron a los grupos de razas de carne con características productivas ligeramente mejores que los Holstein, a pesar de no existir significancia estadística, se pueden atribuir a la diferencia en la velocidad de maduración entre razas grandes y razas pequeñas o medianas. Las razas grandes comienzan su proceso de engrasamiento a una edad más avanzada que las razas más pequeñas, lo que significa que la duración de su proceso de engorda es más prolongado. Además, se debe tener en cuenta que animales más pequeños son más eficientes debido a que tienen menos requerimientos de mantención.

En resumen, ya que el producto enzimático VistaPre-T®, bajo estas condiciones evaluadas, no ofreció los efectos esperados, se podría pensar que la acción de las enzimas sobre la fibra no son lo suficientemente importantes para producir un impacto en términos productivos, pero hay que tener también en consideración que existieron variables, que al estar en terreno, no se pudieron controlar. Por lo tanto, se sugiere seguir haciendo ensayos de campo con este y otros productos enzimáticos, pero bajo condiciones ambientales y de manejo más controladas, posiblemente en una época del año donde las temperaturas no sean tan extremas, en un predio que pueda mantener una dieta constante y alta en fibra durante todo el periodo del ensayo, además de operarios capacitados en los manejos de alimentación y maquinaria acorde a lo requerido. Es posible, según la literatura estudiada, que los preparados en base a enzimas fibrolíticas entreguen mejores resultados al ser utilizados en animales con alta demanda energética y cuya dieta no esté cumpliendo con esta demanda, como por ejemplo en vacas de lechería de alta producción. Si todas las condiciones anteriormente descritas se cumplieran, y según el precio comercial del preparado enzimático, se podría pensar en bajar los costos de alimentación al disminuir la cantidad de concentrados energéticos requeridos para mantener los niveles nutricionales adecuados según la etapa productiva de los animales.

CONCLUSIONES

- El uso de enzimas fibrolíticas exógenas, del producto VistaPre-T, en esta ración, no genera efectos positivos sobre la GDP de novillos en su última etapa de engorda, ni en sus pesos metabólicos.
- En relación al consumo de materia seca, se concluye que éste no fue afectado por el uso del preparado de enzimas fibrolíticas xilanas y celulasa en novillos de engorda a corral.
- Al comparar la ECA de animales cuyas raciones son tratadas con enzimas, con las de animales cuyas raciones no recibieron tratamiento, no hubo diferencias atribuibles a la actividad enzimática sobre las paredes de la fibra dietaria.

Es por estos motivos que la hipótesis de que la inclusión de enzimas fibrolíticas exógenas en la ración de novillos en engorda a corral, tiene efectos positivos sobre el rendimiento productivo, es rechazada según las condiciones bajo las cuales se realizó este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

ACEDO, J.; GONZÁLEZ, R. 1998. Utilización de aditivos en piensos para rumiantes: minerales forma orgánica, levaduras, enzimas, ionóforos y otros. **In:** XIV Curso de Especialización, Avances en Nutrición y Alimentación Animal. FEDNA. 47-66.

AGUIRRE, R.; ESNAOLA, V. 2018. ¿Cómo rentabilizar el millón de vacas? [en línea]. <<http://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/02/carnes2018.pdf>> [consulta: 08 - 04 - 2018]

AGUIRRE, R.; ESNAOLA, V.; AMUNÁTEGUI, R. 2015. Exportación de bovinos en pie. [en línea]. Chile. <<http://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2015/08/bovinosExportacion.pdf>> [consulta: 24 - 04 - 2018]

ALVAREZ, G.; PINOS-RODRÍGUEZ, J.; HERRERA, J.; GARCÍA, J.; GONZALEZ, S.; BARCENA, R. 2009. Effects of exogenous fibrolytic enzymes on ruminal digestibility in steers fed high fiber rations. *Livestock Science*. 121: 150-154.

ARRIOLA, K.; OLIVEIRA, A.; MA, Z.; LEAN, I.; GIURCANU, M.; ADESOGAN, A. 2017. A meta-analysis on the effect of dietary application of exogenous fibrolytic enzymes on the performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 100: 4513-4527.

BALCI, F.; DIKMEN, S.; GENCOGLU, H.; ORMAN, A.; TURKMEN, I.; BIRICIK, H. 2007. The effect of fibrolytic exogenous enzyme on fattening performance of steers. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*. 10: 113-118.

BARLETTA, A. 2010. Introduction: Current Market and Expected Developments. **In:** Bedford, M.; Partridge, G. (Eds.). *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. 2ª edición. CAB International. UK. 1 - 11.

BEAUCHEMIN, K.; COLOMBATTO, D.; MORGAVI, D. 2004. A rationale for the development of feed enzyme products for ruminants. *Canadian Journal of Animal Science*. 84: 23-36.

BEAUCHEMIN, K.; HOLTSHAUSEN, L. 2010. Developments in Enzyme Usage in Ruminants. **In:** Bedford, M.; Partridge, G. (Eds.). Enzymes in Farm Animal Nutrition. 2ª edición. CAB International. UK. 206 – 230.

CARREÓN, L.; PINOS-RODRÍGUEZ, J.; BÁRCENA, R.; GONZÁLEZ, S.; MENDOZA, G. 2010. Influence of fibrolytic enzymes on ruminal disappearance and fermentation in steers fed diets with short and long particle length of forage. Italian Journal of Animal Science. 9(1) : e17.

COLOMBATTO, D., MOULD, F.; BHAT, M.; MORGAVI, D.; BEAUCHEMIN, K.; OWEN, E. 2003. Influence of fibrolytic enzymes on the hydrolysis and fermentation of pure cellulose and xylan by mixed ruminal microorganisms in vitro. Journal of Animal Science. 81: 1040-1050.

DHIMAN, T.; ZAMAN, M.; GIMENEZ, R.; WALTERS, J.; TREACHER, R. 2002. Performance of dairy cows fed forage treated with fibrolytic enzymes prior to feeding. Animal Feed Science and Technology. 101: 115-125.

DUFF, G.; MCMURPHY, C. 2007. Feeding Holstein steers from start to finish. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. 23: 281-297.

EGAÑA, J. 2019. [Comunicación Personal]. Universidad de Chile. Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias.

EUN, J.; BEAUCHEMIN, K. 2007. Assessment of the efficacy of varying experimental exogenous fibrolytic enzymes using in vitro fermentation characteristics. Animal Feed Science and Technology, 132 : 298-315.

EUN, J.; BEAUCHEMIN, K.; SCHULZE, H. 2007. Use of exogenous fibrolytic enzymes to enhance in vitro fermentation of alfalfa hay and corn silage. Journal of Dairy Science. 90: 1440-1451.

FAO. 2018. El papel de la FAO en la ganadería y el medio ambiente. [en línea]. < <http://www.fao.org/livestock-environment/es/> >. [consulta: 22-12-2018].

GÓMEZ-VÁZQUEZ, A; DOZA, G.; ARANDA, E.; PÉREZ, J.; HERNÁNDEZ, A.; PINOS-RODRÍGUEZ, J. 2011. Influence of fibrolytic enzymes on growth performance and digestion in steers grazing stargrass and supplemented with fermented sugarcane. *Journal of Applied Animal Research*. 39: 77-79.

GUERRA, A. Exportaciones de animales, ¿el impulso para el renacer ganadero? *Revista Campo, El Mercurio*. 06 septiembre 2017.

MILLER, D.; ELLIOTT, R.; NORTON, B. 2008. Effects of an exogenous enzyme, Roxazyme® G2, on intake, digestion and utilization of sorghum and barley grain-based diets by beef steers. *Animal feed science and technology*. 145: 159-181.

MORGAVI, D.; NSEREKO, V.; RODE, L.; BEAUCHEMIN, K.; MCALLISTER, T.; WANG, Y. 2000. A *Trichoderma* feed enzyme preparation enhances adhesion of *Fibrobacter succinogenes* to complex substrates but not to pure cellulose. **In:** 25th Conference on Rumen Function, Chicago, Illinois, US.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 8th revised edition. National Academy of Sciences. Washington DC, USA. 463 p.

PIZARRO, M.; AGUIRRE, R. 2018. Boletín de carne bovina. Febrero de 2018. [en línea]. Boletín de carne bovina: tendencias de producción, precios y comercio exterior. 4-36. <http://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Boletin-carne_feb18.pdf> [consulta: 09 - 04 – 2018]

PORDOMINGO, A. 2013. Feedlot: Alimentación, diseño y manejo. Facultad de Ciencias Veterinarias UNLPam. Anguil, Argentina. 170 p.

TEDESCHI, L.; CALLAWAY, T.; MUIR, J.; ANDERSON, R. 2011. Potential environmental benefits of feed additives and other strategies for ruminant production. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40: 291-309.

TIRADO, D.; MIRANDA, L.; RUÍZ, A.; MEDINA, S.; RAMÍREZ, R.; TIRADO, G. 2017. Meta-analysis: effects of exogenous fibrolytic enzymes in ruminant diets. *Journal of Applied Animal Research* 46: 771-783.

TIRADO, D.; TIRADO, G.; MIRANDA, L. 2015. Sobre el efecto de enzimas fúngicas en la alimentación de rumiantes. *Interciencia*. 40 : 758-766.

WANG, Y.; MCALLISTER, T.; BAAH, J.; WILDE, R.; BEAUCHEMIN, K.; RODE, L.; SHELFORD, J.; KAMANDE, G.; CHENG, K. 2003. Effects of Tween 80 on in vitro fermentation of silages and interactive effects of Tween 80, monensin and exogenous fibrolytic enzymes on growth performance by feedlot cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 16: 968-978.

WEATHER SPARK. 2019. Clima promedio en Linares, Chile, durante todo el año. [en línea] <<https://es.weatherspark.com/y/25800/Clima-promedio-en-Linares-Chile-durante-todo-el-a%C3%B1o>> [consulta: 15-04-2019]

YANG, H.; SON, Y.; BEAUCHEMIN, K. 2010. Effects of exogenous enzymes on ruminal fermentation and degradability of alfalfa hay and rice straw. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 24: 56-64.

Anexo 1. Formulación Premix Novillo Pro feed lot

Aportes por kg de producto

Cobalto	120 mg
Selenio	35 mg
Zinc	10.000 mg
Cobre	500 mg
Yodo	165 mg
Manganeso	5.500 mg
Azufre	50 gr
Sodio	120 gr
Cloro	80 gr
Acidbuf (algas calcáreas)*	440 gr
Vitamina A	330.000 UI
Vitamina D3	300.000 UI
Vitamina E	6.400 UI
Cromo orgánico	32 gr

*Aportes de calcio y magnesio en base a 440 gr por kilo de acidbuf.

Fuentes minerales: carbonato de cobalto, selenito de sodio, sulfato de zinc, sulfato de cobre, azufre elemental, cloruro de sodio, acidbuf, cromo orgánico, vitamina A, vitamina D3, vitamina E, vehículo c.s.p.