

**Efectos de un aditivo compuesto de Vitamina C,
Vitamina D y levaduras sobre el desempeño
productivo, la producción de metano y calidad de
la carne en novillos**

Ariana del Socorro Aráuz Castillo

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2020**

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efectos de un aditivo compuesto de Vitamina C, Vitamina D y levaduras sobre el desempeño productivo, la producción de metano y calidad de la carne en novillos

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Ariana del Socorro Aráuz Castillo

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2020

Efectos de un aditivo compuesto de Vitamina C, Vitamina D y levaduras sobre el desempeño productivo, la producción de metano y calidad de la carne en novillos

Presentado por:

Ariana del Socorro Aráuz Castillo

Aprobado:


Marielena Moncada (Nov 4, 2020 08:49 CST)

Marielena Moncada, Ph.D.
Asesora Principal



Rogel Castillo, M.Sc.
Director
Departamento de Ciencia y
Producción Agropecuaria



Darren Henry, Ph.D.
Asesor



Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Vicepresidente y Decano Académico


John Jairo Hincapié (Nov 5, 2020 09:45 CST)

John Jairo Hincapié, D.Sc.
Asesor

Efectos de un aditivo compuesto de Vitamina C, Vitamina D y levaduras sobre el desempeño productivo, la producción de metano y calidad de la carne en novillos

Ariana del Socorro Aráuz Castillo

Resumen. La producción de metano (CH₄) es una temática de mucho auge en la actualidad debido al impacto que esta genera en el medio ambiente. Para este estudio se plantearon los objetivos de determinar los efectos de la suplementación de un aditivo compuesto de vitamina C, vitamina D y levaduras sobre la producción de CH₄, consumo de materia seca, desempeño productivo y calidad de la carne de novillos Angus y sus encastes. Se utilizaron 15 animales por tratamiento, con un total de dos tratamientos: Control y Aditivo respectivamente. Se adicionó un 0.85% de la dieta total con aditivo. El experimento constó de tres repeticiones con duración de una semana por repetición. Para el final del experimento no se observaron diferencias significativas para el desempeño productivo. A diferencia del promedio de ganancia diaria de peso que se observaron diferencias ($P \leq 0.05$) para los periodos de 35-50 días y 0-50 días, no obstante, no se encontraron diferencias significativas para el acumulado de los días 0-65. Para el consumo de materia seca no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. En cuanto a ganancia promedio de peso por kilogramo de materia seca consumido se mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) siendo el tratamiento con la inclusión del aditivo el que presenta mayor ganancia promedio de peso. En la calidad de la carne no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos y para producción de CH₄ no se observaron diferencias estadísticamente diferentes.

Palabras clave: Angus, CH₄, materia seca, *Saccharomyces cerevisiae*

Abstract. Methane production is currently a highly discuss topic due to the impact it generates on the environment. For this study, the objectives of determining the effects of the supplementation of an additive composed of vitamin C, vitamin D and yeasts on methane production, dry matter intake, productive performance and carcass traits of Angus steers and their crosses. 15 animals were used per treatment, with a total of two treatments, one Control and Additive, respectively. 0.85% of the total diet was added with the additive. The experiment consisted of three repetitions lasting one week per repetition. At the end of the experiment, no significant differences were observed for productive performance. Unlike the average daily weight gain, differences were observed ($P \leq 0.05$) for the periods of 35-50 days and 0-50 days, however, no significant differences were found for the accumulated days 0-65. For the consumption of dry matter, no significant differences were observed between the treatments. Regarding average weight, gain per kilogram of dry matter intake, significant differences were shown ($P \leq 0.05$), the Additive treatment being the one with the highest average weight gain. In the carcass, there were no significant differences between the treatments and for methane production no statistically different differences were observed.

Key words: Angus, CH₄, dry matter, *Saccharomyces cerevisiae*

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Índice General	iv
Índice de Cuadros	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5
4. CONCLUSIONES.....	11
5. RECOMENDACIONES.....	12
6. LITERATURA CITADA.....	13

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Formulación de las dietas Control y Aditivo.....	3
2. Desempeño productivo de novillos y encastes con la inclusión del Aditivo y tratamiento Control.....	5
3. Promedio ganancia diaria de peso (kg)	6
4. Consumo de materia seca (kg/d)	7
5. Conversión alimenticia.....	8
6. Indicadores de calidad de la carne, peso de la canal caliente y rendimiento.....	9
7. Emisiones de CH ₄ (g/día) y g/kilogramo de peso metabólico	10

1. INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera desempeña un papel importante en el desarrollo económico en América Latina y el Caribe. La seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático son los dos grandes desafíos que enfrenta la humanidad debido al aumento de la población y la alta contaminación. Para el 2050 el propósito de la ganadería y agricultura está encaminado a la expansión de la frontera agrícola. Sin embargo, la FAO (2006) estima que los gases de efecto invernadero (GEI) producidos por la ganadería representan el 18% total de estas emisiones, debido a estas razones en la actualidad se busca crear sistemas de producción animal sostenibles, amigables con el medio ambiente y socialmente responsables.

Según Hristov *et al.* 2013, las emisiones asociadas a la ganadería por la fermentación entérica y el estiércol producido representan el 90% de las emisiones de GEI. Los bovinos cuentan con un sistema digestivo que es capaz de aprovechar el material fibroso con altos contenidos de carbohidratos estructurales (pastos) en alimentos de alta calidad nutritiva como son: carne y leche. El sistema digestivo de los rumiantes está compuesto de: retículo, rumen, omaso y abomaso. En el rumen se produce la descomposición de la fibra y la fermentación entérica realizada por enzimas que producen las bacterias anaeróbicas presentes en la flora ruminal. Sin embargo, la fermentación entérica que ocurre no es totalmente eficiente debido a la pérdida de energía y la alta producción de metano (CH₄), un potente gas de efecto invernadero el cual tiene un potencial de calentamiento global 28 veces mayor al del CO₂.

Muchos factores pueden afectar la producción de metano en bovinos como la cantidad de alimento ingerido, tipo de carbohidratos en la dieta, adición de lípidos o ionóforos a la dieta y alteraciones en la flora ruminal (Johnson y Johnson 1995).

En producción animal, la generación de CH₄ representa energía libre que no es aprovechada para el mantenimiento y producción del rumiante, por tanto, hace menos eficiente el uso de los recursos forrajeros. La producción de CH₄ en los últimos años ha tomado gran importancia en la producción animal debido a los efectos negativos que causa al medio ambiente (Carmona *et al.* 2005)

La manipulación de las dietas de los rumiantes para disminuir la metanogénesis incluye uso de forrajes de alta calidad, alta proporción de granos en la dieta, uso de aditivos como: compuestos químicos, ácidos orgánicos, ionóforos, probióticos, dietas ricas en ácidos grasos insaturados y adición de extractos vegetales como aceites esenciales (Orozco-Durán *et al.* 2014).

Otra práctica para la disminución de GEI puede estar destinada al mejoramiento de manejo de pasturas y el mejoramiento genético. Según estudios, algunos alimentos microbianos, como los productos a base de levaduras, pueden tener un efecto moderado en la reducción de CH₄ mediante el aumento de la productividad animal y la eficiencia alimenticia.

Las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos para el mantenimiento y crecimiento de los animales, las cuales no son sintetizadas por ellos, por lo que tienen que adicionarse en la dieta o por alguna otra vía. Cabe destacar que son indispensables para el metabolismo y algunas funciones específicas en el organismo (Nelson y Cox 1995).

El objetivo de esta investigación es determinar los efectos de la suplementación de un aditivo compuesto de vitamina C, vitamina D y levaduras sobre la producción de CH₄, consumo de materia seca, desempeño productivo y calidad de la carne de novillos Angus y sus encastes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la finca experimental de la Universidad de Texas Tech ubicada en New Deal, Texas, en el centro de investigación de ganado de carne. El cual cuenta con una temperatura promedio anual de 23 °C y una precipitación media anual de 270 mm, se estima un periodo seco de aproximadamente 256 días en el año y una humedad relativa media anual de 48%.

El experimento se realizó entre los meses de febrero y abril del año 2020. Dicha investigación constó de 30 novillos, con un peso inicial promedio de 542 kg. Fueron separados en dos grupos de 15 animales, siendo uno el tratamiento Control (sin aditivo) y Aditivo (inclusión del aditivo) (Cuadro 1). Las razas que se utilizaron fueron cruces de Angus.

Se realizaron tres repeticiones las cuales tuvieron un tiempo de duración de una semana cada una respectivamente. Al iniciar el experimento se establecieron dos semanas de adaptación para los animales, donde se colocaron los dispositivos de captura y almacenamiento de gas o cánister sobre los novillos, se les proporcionaron las nuevas dietas y se introdujeron en el rumen la cápsula de permeación.

Cuadro 1. Formulación de las dietas Control y Aditivo.

Ingredientes	Control %	Aditivo %
Grano de Maíz Rolado en seco	60.72	60.74
Maíz Extruido	0.87	0.00
Piedra Caliza	1.23	1.23
Suplemento TTU-2.0 Bajo-P, Bajo-S	1.65	1.65
Aditivo Sweet Bran	26.04	26.04
Heno de Alfalfa	6.89	6.89
Aceite Vegetal Reutilizado	2.31	2.31
Aditivo (vitamina C, D y levaduras)	0	0.85
Urea	0.29	0.29

Los animales estuvieron en completo confinamiento y se les proporcionó agua y alimento *ad libitum*.; el consumo diario fue medido por comederos inteligentes “SmartFeeds”. Cada animal tenía asignado un arete el cual era detectado por el comedero, midiendo la cantidad de alimento consumido por cada animal a lo largo del día.

Para la evaluación de materia seca ingerida se tomaron muestras individuales y representativas de ambas dietas durante los primeros cuatro días de cada repetición. Se prosiguió a procesarlas en el laboratorio, en donde se utilizó el método eliminación de agua libre por medio de calor, para este paso se tomó cada una de las muestras individualmente y se mezclaron en un recipiente para conseguir una muestra homogénea. Seguido de esto se recolectó parte de la muestra y se colocó dentro de la bolsa de papel, y se prosiguió a colocar la muestra en el horno por 24 horas a una

temperatura de 105 °C. Cabe destacar que cada una de las muestras fue pesada antes y después de ingresarla en el horno. El dato de materia seca se obtiene con la diferencia del peso inicial y el peso seco (Delgado *et al.* 2002).

Para determinar las emisiones de CH₄ por fermentación entérica se utilizó la técnica de trazador hexafluoruro de azufre (SF₆). Esta consiste en introducir en el rumen del animal una cápsula de bronce cargada con SF₆ en estado gaseoso conocida como cápsula de permeación. Cada una de las cápsulas utilizadas fueron respectivamente calibradas para conocer su tasa de permeación. De igual manera cada uno contaba con un código el cual era registrado y asignado respectivamente para cada animal. Según Reyes *et al.* (2018) se conoce que las rutas de excreción del gas SF₆ liberado en el rumen son las mismas que las de los gases de fermentación (CO₂, CH₄, H₂ y otros), es decir, por la boca y la nariz. Por ende, las muestras eran colectadas por medio del dispositivo de captura y almacenamiento de gas o cánister que estaba posicionado en el cuello del animal, el cual estaba hecho de tubo de PVC de tres pulgadas que tenía un volumen 2 L. Dicho artefacto se encargaba de recolectar la muestra de los gases emitidos por 24 horas y eran consiguientemente reemplazados y trasladados al laboratorio para su respectivo análisis. Las emisiones de SF₆ dan una referencia para determinar las emisiones de CH₄. El flujo de los gases es accionado por efecto del vacío inicial existente en el cánister (presión negativa) el cual era de 25 pulgadas de mercurio, equivalente a 12 PSI.

Para que la muestra sea representativa de las 24 horas, la tasa de colección es determinada por un controlador de flujo que es insertado en la línea de muestreo adherida al bozal. Las muestras deben ser presurizadas con Nitrógeno (N₂) para luego ser analizadas con ayuda del cromatógrafo de gases “Trace 1310 Gas Chromatograph, Thermo Scientific, Waltham, MA”. El cálculo de las emisiones de un animal en específico y durante un periodo en particular de colección se hace con el producto de la tasa de liberación de SF₆ (g/d), proveniente de la cápsula de permeación, por la razón de concentraciones de gases de CH₄/SF₆ y un factor que iguala las masas moleculares.

Esta técnica es muy conocida como la más apropiada para estimar emisiones de CH₄ en sistemas de pastoreo, ya que los elementos instalados al animal que se utilizan para coleccionar la muestra no impiden el movimiento del animal ni afectan su conducta natural. Esta técnica también permite una cuantificación diaria por animal (Reyes *et al.* 2018).

Los datos se procesaron mediante el análisis de Bloques Completamente al Azar, usando PROC MIXED del programa SAS “Statistical Analysis System” versión 9.4. El modelo incluye efectos de: tratamiento, tiempo y sus interacciones. Se declararon diferencias significativas los valores $P \leq 0.05$ y tendencias los valores $0.05 < P \leq 0.10$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestran los resultados del desempeño productivo de novillos con la inclusión del aditivo y tratamiento Control, observando un peso promedio inicial igual para ambos tratamientos. En este mismo sentido se presenta el peso final respectivamente para cada tratamiento observando mayor peso para el tratamiento Aditivo siendo este 15 kg mayor que el tratamiento Control, pero no estadísticamente diferente.

En el Cuadro 2, se observan los pesos finales ajustados a la pérdida por transporte siendo el primero un valor estandarizado por la industria (4%) esto se le reduce del peso vivo final ya que se pierde orina y excretas en el transporte. Seguidamente se observa un peso final ajustado por pérdidas de transporte real el cual se calculó en base al peso de la canal caliente entre el promedio del rendimiento para ambos tratamientos y esto se multiplicó por la pérdida real que se calculó fue de 2.60 %, calculada mediante las diferencias de peso del camión, en ambos lugares (del “Feedlot” a la planta procesadora). Para el último peso final ajustado se calculó por medio de la división del peso de la canal caliente entre el rendimiento real de cada tratamiento (Control = 61.83 y Aditivo = 61.52) esto multiplicado por la pérdida real (2.60%) por transporte.

Cuadro 2. Desempeño productivo de los novillos con la inclusión del Aditivo y tratamiento Control.

Indicadores	TRT experimentales		EE±	Valor P
	Control	Aditivo		
Peso inicial, kg	542	542	8.4	0.86
Peso final vivo, kg	598	613	10.8	0.07
Peso Final Ajustado, kg (Industria 4%) ¹	575	587	11.2	0.18
Peso Final Ajustado, kg (Pérdida por transporte) ²	584	596	11.4	0.18
Peso Final Ajustado, kg (2.60% × TRT) ³	582	597	11.4	0.10

¹ Peso final ajustado calculado mediante la división peso de la canal caliente entre el promedio del rendimiento, luego multiplicado por la pérdida estipulado por la industria (4%)

² Peso final ajustado calculado mediante la división del peso de la canal caliente entre el promedio del rendimiento, luego multiplicado por la pérdida real de ambos tratamientos (Control & Aditivo = 2.60%).

³ Peso final ajustado calculado mediante la división del peso de la canal caliente entre el rendimiento real de cada tratamiento (Control = 61.83 & Aditivo = 61.52), luego multiplicado por la pérdida real de transportes ambos tratamientos (Control & Aditivo = 2.60%).

La inclusión de levaduras tiene efectos probióticos los cuales afectan positivamente al huésped y su sistema digestivo. Estas levaduras son organismos que ayudan a la capacidad fermentativa de los animales. Al presentar mejores capacidades fermentativas los animales son más eficientes y aprovechan de mejor manera los nutrientes suministrados en las dietas (Suárez Machín y Guevara Rodríguez 2017).

Un estudio realizado por Alvarado Ugalde (2011), afirma que la utilización de levaduras podría incrementar la producción de leche y/o carnes entre 5 y 8% pero al compararlo con el presente estudio difieren debido a que no se encontraron diferencias estadísticas con la inclusión del aditivo. El peso vivo final es un indicador sumamente importante para los ganaderos debido a que un mayor peso vivo final, representa mayores ganancias económicas al final de cada ciclo productivo.

No se tiene mucha información acerca de vitamina D en ganado de carne ya que el papel de esta; se ha estudiado más en ganado lechero, debido a sus implicaciones fisiológicas durante la lactancia, asociando esto a problemas de raquitismo durante la lactancia (Horst *et al.* 2003). Por otra parte, no se indican requerimientos de vitamina C para ganado de engorde, por tal motivo no se realiza mucha investigación al respecto (NRC 2000).

Cuadro 3. Promedio ganancia diaria de peso en kg.

Promedio ganancia diaria de peso, kg	Tratamientos experimentales		EE±	Valor P
	Control	Aditivo		
Días 0-7	-0.3	0.19	0.30	0.25
Días 7-14	-0.93	-1.04	0.36	0.83
Días 0-14	-0.62	-0.42	0.28	0.64
Días 14-28	2.54	2.75	0.31	0.60
Días 0-28	0.96	1.17	0.14	0.28
Días 28-35	-0.86	-1.77	0.48	0.16
Días 0-35	0.6	0.58	0.12	0.92
Días 35-50	0.84	2.13	0.19	< 0.01
Días 0-50	0.67	1.04	0.09	< 0.01
Días 54-65	1.73	2.12	0.23	0.26
Días 0-65	0.86	1.09	0.08	0.06
Peso Final Ajustado, kg (Industria 4%) ¹	0.51	0.69	0.08	0.13
Peso Final Ajustado, kg (Pérdida por transporte) ²	0.64	0.83	0.08	0.13
Peso Final Ajustado, kg (2.60% × TRT) ³	0.61	0.85	0.08	0.06

¹ Peso final ajustado calculado mediante la división del peso de la canal caliente entre el promedio del rendimiento, luego multiplicado por la pérdida estipulado por la industria (4%)

² Peso final ajustado calculado mediante la división del peso de la canal caliente entre el promedio del rendimiento, luego multiplicado por la pérdida real de ambos tratamientos (Control & Aditivo = 2.60%).

³ Peso final ajustado calculado mediante la división del peso de la canal caliente entre el rendimiento real de cada tratamiento (Control = 61.83 & Aditivo = 61.52), luego multiplicado por la pérdida real de transportes ambos tratamientos (Control & Aditivo = 2.60%).

En el Cuadro 3 se observa el promedio de ganancia de peso diaria en kilogramos. Se muestran en algunos periodos números negativos, los cuales indican pérdidas de peso de los animales. Se

destacan diferencias significativas para los días 35-50, siendo el tratamiento con la inclusión del aditivo el que presenta mayor promedio ganancia diaria de peso. Seguidamente se nota una diferencia significativa en el acumulado de los días 0- 50 siendo el tratamiento con la inclusión del aditivo el que muestra mayor promedio de ganancia de peso. Se puede observar que el acumulado de ganancia de peso para ambos tratamientos no muestra diferencia significativa, mostrando que no hubo ninguna mejora en la inclusión del aditivo en la dieta de los novillos Angus y sus encastes.

Las diferencias significativas observadas en los días 35-50 y el acumulado del día 0-50 pueden ser atribuidas a la adición de levaduras, las cuales mejoraron las condiciones ruminales, pero no se observa mejor ganancia de peso en el acumulado de los días del experimento. Estudios realizados en pequeños ruminantes mostraron que la adición de levaduras mejoró la ganancia diaria de peso de los ovinos, teniendo un mejor comportamiento con relación al peso final, el tratamiento en el que fue adicionada mayor cantidad de levaduras (Cifuentes y González 2013).

Al compararlo con otra investigación realizada por Sartori *et al.* (2017) quienes evaluaron la inclusión de levaduras en ganado de engorde en completo confinamiento coinciden con los datos obtenidos, dichos autores afirman que la adición de levadura no indicó incrementos significativos en la ganancia diaria de peso, pero tuvieron una disminución en el consumo de materia seca a diferencia de este experimento que se mantuvo constante para ambos tratamientos. Por otra parte, evidenció una mejora en la conversión alimenticia y al compararla con el estudio realizado concuerdan debido a que se observa una mayor ganancia de peso por kg de materia seca ingerido para el tratamiento con la inclusión del aditivo. En este mismo sentido afirman que hay poca literatura sobre el tema.

Se observa que, durante todos los días del experimento, hubo similaridad en el consumo de materia seca (kg/día), para ambos tratamientos. Los días del 54- 65 presentaron diferencias significativas siendo mayor el consumo de materia seca para el tratamiento Control. Al analizar los días acumulados para todo el experimento no se observan diferencias significativas para el consumo de materia seca (Cuadro 4).

Cuadro 4. Consumo de materia seca, kg/d

Consumo de materia seca, kg/d	Tratamientos experimentales		EE±	Valor P
	Control	Aditivo		
Días 0-7	6.33	6.34	0.30	0.96
Días 7-14	5.44	5.45	0.30	0.98
Días 0-14	5.88	5.89	0.28	0.97
Días 14-28	6.99	6.91	0.30	0.75
Días 0-28	6.44	6.4	0.27	0.90
Días 28-35	6.71	5.81	0.35	0.07
Días 0-35	6.49	6.28	0.27	0.49
Días 35-50	6.33	6.64	0.30	0.44
Días 0-50	6.44	6.39	0.26	0.87
Días 54-65	6.83	6.08	0.34	0.03
Días 0-65	6.48	6.33	0.26	0.61

Los resultados de consumo de materia seca del presente estudio difieren con un estudio realizado por Elizalde *et al.* (2008), quienes obtuvieron un incremento en el consumo de alimento, esto fue atribuido al uso de levaduras, relacionando esto a una mejor eficiencia en la degradación de materia seca y sus componentes causadas por una mayor masa microbiana ruminal. En este mismo sentido, se observó un aumento en la tasa de pasaje causando un mayor consumo de alimento. Según Drennan y Moloney (1993), quienes realizaron una investigación con la adición de levaduras en ganado alimentado con ensilaje y otro a base de concentrados, encontraron datos que difieren con el presente estudio donde resaltan un mayor consumo de alimento, por ende, mayor consumo de materia seca. En el Cuadro 5 se muestra la conversión alimenticia, observando números negativos, los cuales indican que en esos días no hubo ganancia de peso. Los números positivos indican ganancias de peso. Se observaron datos estadísticamente significativos en los días 35-50, siendo el tratamiento con la inclusión del aditivo el que muestra una mayor ganancia promedio de peso. En este mismo sentido, el acumulado de los días 0-50 presentaron el mismo comportamiento. Se nota una diferencia significativa en el acumulado de los días 0-65 manteniendo la tendencia del tratamiento con la inclusión del aditivo presentando mejores ganancias promedio de peso.

Cuadro 5. Conversión alimenticia

Promedio ganancia diaria de peso, kg	Tratamientos experimentales		EE±	Valor P
	Control	Aditivo		
Días 0-7	-0.05	0.02	0.04	0.27
Días 7-14	-0.20	0.25	0.08	0.65
Días 0-14	-0.11	-0.09	0.05	0.78
Días 14-28	0.34	0.40	0.05	0.46
Días 0-28	0.14	0.18	0.02	0.23
Días 28-35	-0.15	-0.35	0.08	0.10
Días 0-35	0.09	0.08	0.01	0.83
Días 35-50	0.13	0.33	0.03	< 0.01
Días 0-50	0.10	0.16	0.01	< 0.01
Días 54-65	0.25	0.34	0.03	0.06
Días 0-65	0.13	0.17	0.01	< 0.01
Peso Final Ajustado, kg (Industria 4%) ¹	0.07	0.10	0.01	0.09
Peso Final Ajustado, kg (Pérdida por transporte) ²	0.09	0.12	0.01	0.08
Peso Final Ajustado, kg (2.60% × TRT) ³	0.09	0.13	0.01	0.04

¹ Peso final ajustado calculado mediante la división del peso de la canal caliente entre el promedio del rendimiento, luego multiplicado por la pérdida estipulado por la industria (4%)

² Peso final ajustado calculado mediante la división peso de la canal caliente entre el promedio del rendimiento, luego multiplicado por la pérdida real de ambos tratamientos (Control & Aditivo = 2.60%).

³ Peso final ajustado calculado mediante la división del peso de la canal caliente entre el rendimiento real de cada tratamiento (Control = 61.83 & Aditivo = 61.52), luego multiplicado por la pérdida real de transportes ambos tratamientos (Control & Aditivo = 2.60%).

Se observaron diferencias significativas para los periodos del día 35- 50 y de los días 0-50 y en este mismo sentido para los días acumulados a lo largo del experimento 0-65 días mostrando el tratamiento con la inclusión del aditivo mejor conversión alimenticia.

Esto es atribuido a las mejoras significativas en la cantidad y calidad las bacterias anaeróbicas celulolíticas. Esto explica el incremento en la digestibilidad de la dieta y mejor aprovechamiento de los recursos ofrecidos (Dawson *et al.* 1990). Cabe destacar que para el indicador de materia seca no hubo diferencias en el consumo a lo largo del presente experimento, mostrando mayor eficiencia para el tratamiento con la inclusión del aditivo.

En el Cuadro 6 se pueden observar los indicadores de calidad de la carne, peso de la canal caliente y el rendimiento para cada uno de los tratamientos. Los cuales muestran diferencias significativas en grado de rendimiento.

Cuadro 6. Indicadores de calidad de la carne, peso de la canal caliente y rendimiento.

Indicadores	Tratamientos experimentales		EE±	Valor P
	Control	Aditivo		
Peso de la canal caliente, kg	370	377	7.20	0.18
Rendimiento% ¹	61.83	61.53	0.43	0.62
Grasa a la 12va costilla, mm	10.43	12.53	1.23	0.24
<i>Longissimus dorsi</i> área, cm ²	94.62	90.71	1.91	0.09
Puntuación marmoleado	464	477	25.30	0.72
Grado de rendimiento	2.43	2.89	0.17	0.03
<i>Grado</i>				
Prime	-	-	-	-
Choice	60.17	73.7	13.49	0.44
Upper Choice	60.00	80.00	13.09	0.27
Select	33.29	19.94	12.43	0.42
Select and lower	40	20	13.09	0.27

¹ Rendimiento calculado como peso de la canal caliente entre peso vivo final

Según NRC (2000) ha demostrado que la vitamina C puede afectar la calidad de la canal, en especial dietas de ganado altas en azufre, pero en el presente estudio esto no aplica debido a que se utilizaron pmezclas bajas en fósforo y azufre. Se ha estudiado la importancia de la vitamina D en la calidad de la carne, ya que existen varios reportes con altas dosis de vitamina D antes del sacrificio, estas pueden afectar positivamente las características organolépticas de la carne tales como suavidad (Karges *et al.* 2001).

Un estudio realizado por Gomes *et al.* (2009), concuerdan con los resultados obtenidos donde afirman que la adición de levaduras, monensin o la combinación de ambos productos no tuvo un efecto en la calidad de la carne en novillos Nelore. En este mismo estudio se notó una diferencia favorable en el rendimiento de la canal, pero no mostró efectos en el peso de la canal caliente. Contrastando con los datos del presente estudio donde hubo similitud en el rendimiento de la

canal por parte del tratamiento con la inclusión del aditivo en comparación al tratamiento Control. No se presentó ningún efecto en el peso de la canal caliente.

En el Cuadro 7 se pueden observar los resultados de las emisiones de CH₄ en gramos por día y gramos de CH₄ por kilogramo de peso metabólico. No se observan diferencias significativas entre los tratamientos para ninguna de las semanas.

Cuadro 7. Emisiones de CH₄ en g/d y g por kilogramo de peso metabólico.

	Tratamientos experimentales						EE±	TRT	Tiempo	TRT × Tiempo
	Aditivo			Control						
	Semanas			Semanas						
	2	5	8	2	5	8				
CH ₄ [∨]	111	121	122	113	118	119	7.50	0.87	0.17	0.84
CH ₄ ^ϕ	0.99	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	0.05	0.95	0.85	0.87

[∨] emisiones, g/d

^ϕ emisiones, g/kg de peso metabólico (PV^{0.75})

Los datos obtenidos, no presentan diferencias entre el tratamiento Control y Aditivo, los cuales concuerdan con los datos obtenidos por McGinn *et al.* (2004), quienes afirman que la adición de levaduras en la dieta de novillos de engorde no reportó ningún efecto en la producción de CH₄. A diferencia del presente estudio para el sistema de recolección de CH₄, ellos utilizaron cabinas de recolección, las cuales mediante laser y luz infrarroja calcularon la producción de CH₄. En cambio, en el presente estudio se utilizó la técnica del trazador de SF₆. Estudios realizados por McGinn *et al.* (2006) afirman que la utilización de la técnica del trazador de SF₆ es más eficiente que el uso de las cabinas de recolección.

Las vitaminas C y D no tienen ningún efecto directo en la metanogénesis ruminal, pero si tiene efectos en el sistema inmune, tiene potencial antioxidante y la vitamina D es fundamental en la homeostasis del Calcio en el cuerpo del bovino. La vitamina D se muestra pocas veces deficiente en animales al aire libre, debido a que estos lo captan de la luz solar (Ramírez *et al.* 2017; May 1999).

4. CONCLUSIONES

- La adición de Vitamina C, Vitamina D y levaduras no tuvo efecto sobre el desempeño productivo, consumo de materia seca, calidad de la carne y la producción de CH₄ en novillos de engorde.
- La implementación del aditivo tuvo un efecto positivo en la conversión alimenticia.
- La inclusión del aditivo tuvo efecto negativo, ya que presentó mayor grado de rendimiento significando mayor grasa subcutánea, afectando el precio del corte.

5. RECOMENDACIONES

- Estudiar la inclusión de este aditivo en animales en pastoreo ya que los animales que están en completo confinamiento o dietas a base de granos presentan menos deficiencias de estas vitaminas ya que son adquiridas mediante los granos.
- Evaluar diferentes concentraciones de levaduras en las dietas y cómo estas afectan la producción de CH₄.
- Evaluar este aditivo en la etapa de crecimiento en bovinos.

6. LITERATURA CITADA

- Alvarado Ugalde E. 2011. Beneficios del uso de levaduras en rumiantes ¿mito o realidad? Argentina: Sitio Argentino de Producción Animal; [consultado el 4 de jul de 2020]. http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/40-levaduras.pdf and its use in prevention of bovine periparturient paresis. Acta Veterinaria
- Carmona JC, Bolívar DM, Giraldo LA. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria.18(52): 49-63
- Cifuentes O, González Y. 2013. Evaluación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la ganancia de peso de ovinos criollos. Facultad de Ciencias Agrarias, 3(44): 41-47.
- Dawson K, Newman K, Boling J. 1990. Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. Journal of Animal Science, 68(10): 3392-3398.
- Delgado B, Martínez A, Argamentoría A. 2002. Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. Área de nutrición, pastos y forrajes. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), 1(97): 91-104.
- Drennan M, Moloney A. 1993. Effect of yeast culture on growth of beef cattle fed on grass silage plus barley-based concentrates. Irish Journal of Agricultural and Food Research. 32(2):125-132.
- Elizalde H, Carrillo M, Suárez D. 2008. Evaluación de un programa de alimentación suplementado con cultivos de levaduras vs. el uso de un β -agonista en bovinos para carne finalizados en confinamiento [Tesis]. Chapingo-México, Universidad Autónoma de Chapingo, 17 p.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2006. La ganadería amenaza el medio ambiente. Roma: FAO; [actualizado el 9 de mar. de 2012; consultado el 25 de oct. de 2020]. <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>.
- Hristov A, Joonpyo O, Lee Ch, Meinen R, Montes F, Ott T, Firkins J, Rotz A, Dell C, Adesogan A, Yang W, Tricarico J, Kebreab E, Waghorn G, Dijkstra J, Oosting S, Food and Agriculture Organization. 2013. Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; [consultado el 3 de jul de 2020]. <http://www.fao.org/3/a-i3288s.pdf> ISSN: 1014-1200
- Gomes R, Leme P, Silva S, Antunes M, Guedes C. 2009. Carcass quality of feedlot finished steers fed yeast, monensin, and the association of both additives. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 61(3): 648-654. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000300018>

- Horst R, Goff J, Reinhardt T. 2003. Role of vitamin D in calcium homeostasis and its use in prevention of bovine periparturient paresis. *Acta Veterinaria Scandinavica*. Suppl, 97: 35-50
- Johnson K, Johnson D. 1995. Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, 73(8): 2483–2492. <https://doi.org/10.2527/1995.7382483x>
- Karges K, Brooks J, Gill R, Breazile E, Owens N, Morgan B. 2001. Effects of supplemental vitamin D₃ on feed intake, carcass characteristics, tenderness, and muscle properties of beef steers. *Journal of Animal Science*, 79: 2844-2850.
- Nelson DL, Cox MM. 1995. *Principios de Bioquímica*. 6ta ed. España: Ediciones Omega. 636 páginas. ISBN: 9780716743392.
- May M. 1999. Is ascorbic acid an antioxidant for the plasma membrane? *The FASEB Journal*, 13 (9): 995-1006. doi:10.1096/fasebj.13.9.995
- McGinn M, Beauchemin KA, Coates T, Colombatto D. 2004. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast and fumaric acid. *Journal of Animal Science*, 82(11): 3346-3356. doi: 10.2527/2004.82113346x
- McGinn SM, Beauchemin KA, Iwaasa AD, McAllister TA. 2006. Assessment of the sulfur hexafluoride (SF₆) tracer technique for measuring enteric methane emissions from cattle, *Journal of Environmental Quality*, 35(5): 1686-1691. doi:10.2134/jeq2006.0054
- [NRC], National Research Council. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000*. Washington, DC. National Academies Press. 248 p. <https://doi.org/10.17226/9791>
- Orozco KE, Camacho JH, Castelán OA, Márquez L, Buenrostro O, Kú JC. 2014. Reducción de la metanogénesis ruminal *in vitro* con aceites vegetales de *Thevetia peruviana* y *Persea americana*. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(9): 335-344.
- Ramírez M, Mendoza M, Plascencia J. 2017. Vitaminas en el ganado de engorde. Argentina: Sitio Argentino de Producción Animal; [consultado el 8 de may de 2020]. http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/187-Vitaminas.pdf
- Reyes JA, Muñoz EA, Alarcón AM, Avellaneda Y, Martínez JJ, Mogollón OL, Vásquez JA, Bravo CA. 2018. Manual de procedimientos de colección de gases para la estimación de emisiones de metano entérico y óxido nitroso de origen ganadero. Perú: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); [consultado el 12 de may de 2020]. <https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2017/04/MANUAL-medicion-alta.pdf>
- Sartori ED, Andrighetto ME, Zago D, Rosa Prates E, Velho JP, Jardim Barcellos JO. 2017. The Effect of live yeast supplementation on beef cattle performance a systematic review and meta-analysis. *Journal of Agricultural Science*, 9(4): 35-50. DOI: 10.5539/jas.v9n4p21
- Suárez Machín C, Guevara Rodríguez CA. 2017. Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes. Cuba: Instituto Cubano de Investigadores sobre los derivados de la caña de azúcar (Icidca); [consultado el 14 de julio del 2020]. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251004>