

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

SUPLEMENTACIÓN CON ACTIVADORES RUMINALES Y VALIDACIÓN DE  
GLICEROL COMO FUENTE DE ENERGÍA EN LOS ACTIVADORES  
RUMINALES EN TERNERAS HOLANDO ALIMENTADAS CON ENSILAJE DE  
SORGO

por

Gonzalo DALMAS  
Santiago MIGUEL  
Matías PÉREZ

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2013

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. PhD. Pablo Chilibroste

-----

Ing. Agr. Enrique Favre

-----

Ing. Agr. Juan Pablo Marchelli

Fecha: 3 de setiembre de 2013.

Autor: -----

Gonzalo Dalmás

-----

Matías Pérez

-----

Santiago Miguel

## AGRADECMIENTOS

A familiares y amigos por su eterno apoyo e infalible confianza.

A Pablo Chilbroste por su gran disposición a orientarnos y guiarnos desde la propuesta inicial hasta cumplir nuestra meta.

A Juan Pablo Marchelli por su dedicación y ayuda a concretar este trabajo desde sus inicios en las ejecuciones prácticas hasta sus ajustes finales.

A Enrique Favre por sus sugerencias y aportes en los ajustes finales.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA RECRÍA.....	3
2.1.1 <u>Definición de la categoría recría</u> .....	3
2.1.2 <u>Resultados obtenidos de peso vivo y crecimiento corporal</u> .....	3
2.1.3 <u>Ubicación de la recría en los sistemas de producción</u> .....	5
2.2 FORRAJES FIBROSOS.....	6
2.2.1 <u>Fibra en la alimentación de rumiantes</u> .....	7
2.2.2 <u>Ensilaje de sorgo</u> .....	8
2.2.3 <u>Alimentos alternativos</u> .....	9
2.3 ACTIVADOR DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL.....	10
2.3.1 <u>Actividad de la flora ruminal</u> .....	10
2.3.2 <u>Resultado de experimentos</u> .....	12
2.4 GLICEROL.....	13
2.4.1 <u>Glicerol en alimentación de rumiantes</u> .....	14
2.4.2 <u>Resultado de experimentos</u> .....	15
2.5 SÍNTESIS.....	17
2.6 HIPÓTESIS.....	18
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	19
3.1 LOCALIZACIÓN.....	19
3.2 PERÍODO EXPERIMENTAL.....	19

3.3 ANIMALES .....	19
3.4 TRATAMIENTOS.....	20
3.5 ALIMENTOS .....	20
3.5.1 <u>Ensilaje de sorgo planta entera</u> .....	20
3.5.2 <u>Activadores</u> .....	21
3.6 MANEJO.....	21
3.7 DETERMINACIONES .....	22
3.7.1 <u>En los animales</u> .....	22
3.7.2 <u>En los alimentos</u> .....	22
3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	23
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	25
4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS ALIMENTOS .....	25
4.1.1 <u>Composición química del ensilaje de sorgo planta entera</u> .....	25
4.1.2 <u>Composición química de los activadores ruminales</u> .....	27
4.2 CONSUMO DE LOS ALIMENTOS .....	29
4.3 VARIABLES CUANTIFICADAS CADA 14 DÍAS EN LOS ANIMALES..	31
4.3.1 <u>Evolución del peso vivo</u> .....	31
4.3.2 <u>Altura del anca</u> .....	35
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	39
6. <u>RESUMEN</u> .....	40
7. <u>SUMMARY</u> .....	41
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	42
9. <u>ANEXOS</u> .....	49

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Consumo de ES, AFR, MEBA, AFR+MEBA y materia seca total (CMS total) en terneras alimentadas con ensilaje de sorgo como dieta base y ganancia media diaria (GMD) según tratamiento.....	13
2. Composición química del glicerol en relación a su pureza..	14
3. Descripción de los tratamientos.....	20
4. Composición química en base seca del ensilaje de sorgo planta entera.....	25
5. Valores de pH obtenidos del ensilaje utilizado.....	26
6. Componentes de los activadores ruminales.....	27
7. Composición química de los activadores ruminales.....	28
8. Especificación de Glicerina Cruda Vegetal.....	28
9. Consumo promedio diario de materia seca (MS) de ensilaje de sorgo y suplemento por tratamiento.....	29
10. Consumo promedio diario de MS total y aumento del consumo en relación al Control.....	30
11. Ganancia diaria promedio por tratamiento.....	31
12. Eficiencia de conversión (EC) de la MS total, eficiencia de uso (EU) de cada suplemento y diferencia en GMD de cada tratamiento suplementado en relación al tratamiento control.....	33
13. Eficiencia de conversión (EC) del ensilaje consumido en cada tratamiento.....	34
14. Evolución de la altura del anca por tratamiento.....	36
15. Evolución de la altura del anca, ganancia media diaria y relación GMD/Altura por tratamiento.....	38

Figura No.

1. Evolución del Peso Vivo	35
2. Evolución de la altura del anca	37

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se basa en un proyecto de investigación de la Facultad de Agronomía en coordinación con la empresa ALUR (Alcoholes del Uruguay) y forma parte de uno de los requisitos para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

La categoría recria en los tambos de Uruguay, tradicionalmente ha sido relegada a los recursos forrajeros más bajos en valor nutritivo, lo que impide capitalizar la etapa más eficiente del rumiante en transformar alimento en músculo y hueso, debido a que no se obtiene un retorno económico inmediato, priorizando categorías que sí lo hacen. Aquí surge el conocido dilema de la alimentación de la recria en Uruguay. A su vez, la rentabilidad esta cada vez más ligada a la intensificación de los sistemas productivos lo que eventualmente puede encarecer sus costos de producción. Los sistemas intensivos de producción animal exploran permanentemente alternativas para disminuir los costos de alimentación (Chilibroste, 2012).

Paralelamente, a nivel internacional, ha habido una creciente demanda por alimentos sumado a la creciente industria de la producción de biocombustibles, debido al aumento del precio del petróleo. En respuesta a esta demanda, se ha generado un aumento del precio de maíz, trigo y soja, principalmente. Uruguay no solo no se ha mantenido ajeno a esta realidad, sino que ha aumentado su superficie agrícola en casi en 4 veces del año 2000 al 2010 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010), con el cultivo de soja como principal responsable, relegando la ganadería a áreas mayoritariamente marginales y, más aún, la categoría recria.

En respuesta a esta realidad, los actuales trabajos de nutrición animal intentan buscar información acerca de combinaciones de alternativas de alimentación y estrategias de manejo que permitan abaratar los costos de alimentación en sistemas de producción de carne y leche (Chilibroste, 2012).

Aquí surge una oportunidad para la suplementación con activadores de la fermentación ruminal, donde el efecto positivo de estos se capitaliza ante dietas de bajo valor nutritivo (baja PC y alto FDN, con alto contenido de lignina,



celulosa en las paredes celulares) como el campo natural, ensilaje de sorgo planta entera, subproductos de cosechas y otros alimentos de similares características.

Considerando el aumento de la producción de biocombustibles, ha surgido una fuente de grandes cantidades de glicerol como subproducto. Actualmente, este subproducto es cada vez más considerado como una fuente nutritiva y no como un producto secundario en sí mismo. Así surge un potencial sustituto del maíz como fuente de energía para los rumiantes, contribuyendo al objetivo de disminuir los costos de producción animal.

Los sistemas productivos deberán maximizar las performances de la recría, con la común característica de tratar de realizar la menor inversión posible. Por esto la lógica de utilizar alimentos de bajo valor nutricional como subproductos y ensilajes, con activadores de la fermentación ruminal. A este último, a su vez, se le sustituye una fuente de energía de mayor valor económico, como el maíz, por glicerol.

Es así, que los sistemas de producción de carne y leche, surcan nuevas realidades y surgen nuevas interrogantes para que el negocio de la producción sea un gran generador de valor. Valor que, en una cuota parte, es inyectado en la investigación para la generación de conocimiento, en respuesta a las interrogantes que día a día continuarán surgiendo.

Este experimento pretende contribuir información que ayude a responder las siguientes preguntas:

1. Sin modificar el actual contexto de la categoría recría, ¿es posible mejorar indicadores de crecimiento suplementando con activadores de la fermentación ruminal?
2. En el actual marco de precios de los granos (especialmente el maíz) y considerando el aumento de la oferta de glicerol a partir de la industria de producción de biocombustibles ¿es posible sustituir el maíz, como fuente de energía para los rumiantes, por glicerol?

El objetivo del trabajo es estudiar el comportamiento productivo de terneras de raza Holando alimentadas con ensilaje de sorgo (planta entera) como dieta base, suplementado con Actibiol®, Actibiol GL® y bloques Nutribiol GL®, provistos por ALUR.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA RECRÍA

#### 2.1.1 Definición de la categoría recría

Consideramos como recría el periodo de tiempo que transcurre entre el destete y el primer servicio (si hablamos de hembras para reposición), o el momento en que los novillitos ingresan a la invernada, (o las vaquillonas destinadas a faena) (Velazco, 2009).

Según Pigurina et al. (1997), la recría es la etapa de desarrollo comprendida entre el desleche y el momento del entore en las hembras o el ingreso a la invernada en los machos.

#### 2.1.2 Resultados obtenidos de peso vivo y crecimiento corporal

En base a lo mencionado por Hoffman y Funk, citados por Heinrichs (2007), un modelo de crecimiento óptimo de las terneras de recría es aquel que les permite desarrollar su potencial genético para la producción de leche a la edad deseada y mínimo costo. Es importante, por tanto, entender y definir dicho modelo de crecimiento ya que determinará la edad a la primera inseminación y la edad y peso vivo al primer parto.

Por otro lado, en base a Sejrsen y Purup (1997) sobre la base de los datos disponibles, a partir de los 3 meses de edad el crecimiento mamario es sensible a un nivel alto de alimentación. Un nivel de alimentación que resulte en tasas de crecimiento por encima de 600 a 700 g/día puede tener un impacto negativo permanente en el desarrollo mamario.

Las variaciones de peso vivo en el momento de inicio de la pubertad dependerán, principalmente, del nivel de alimentación que reciban las vaquillonas. En vaquillonas Holando, el promedio de edad al primer celo disminuye de 16,6 a 8,4 meses cuando las ganancias diarias de peso se

incrementan de 0,450 a 0,850 kg/día (Foldager et al., citados por Sejrsen y Purup, 1997).

Penno y MacDonald, citados por Ballent et al. (2003), establecieron el peso corporal óptimo de las hembras en función del peso vivo de la vaca adulta (entre los 3 y 4 años de edad). Para los 6, 15 y 24 meses de edad, la vaquillona debería pesar el 30, 60 y 90% del peso vivo adulto. Para lograr esto se debe obtener un mínimo de ganancia diaria de peso, desde el desleche hasta el momento del parto, que varía entre 650 a 850 g/día, según el biotipo de animal.

Según Hoffman et al., citados por Ballent et al. (2003) se ha cuestionado el uso del peso vivo como único criterio para definir tamaño corporal en vaquillonas Holstein, debido a que éste no incorpora el efecto de la variación genética ni de la composición corporal, la cual puede variar a similar peso vivo adulto de las vaquillonas.

En este sentido, Bagg et al. (1985) indican que al evaluar el crecimiento de vaquillonas, un criterio importante es el crecimiento del esqueleto con aumento de peso moderado, lo que produce una estatura aceptable sin condiciones excesivas.

También Heinrich et al. (1992) concluyen lo mismo, es importante, en las recomendaciones de crecimiento, basarse en ganancias de peso corporal dentro de los parámetros de crecimiento esquelético deseado. Las grandes ganancias de peso corporal durante la vida temprana sin un crecimiento correspondiente del esqueleto pueden resultar en un desarrollo mamario alterado y la reducción de la producción de leche. A menudo es difícil de interpretar los estudios, o para hacer comparaciones entre los estudios, en los que la ganancia de peso corporal fue el único parámetro de crecimiento utilizado.

Marini et al. (2011) trabajando con vacas Holstein de tercera lactancia y diferentes tamaños corporales, intentaron caracterizar las relaciones entre la altura de la cadera, como indicador de tamaño corporal, con diferentes indicadores productivos y reproductivos. Los resultados indican que la altura no incide en los niveles productivos ni en los reproductivos. No observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre las vacas de mayor y menor tamaño en las variables reproductivas, ni en los indicadores productivos estudiados.

### 2.1.3 Ubicación de la recría en los sistemas de producción

Según Quintans et al. (2002) en referencia a la recría de ganado de carne, ésta se desarrolla principalmente sobre pasturas naturales, los animales atraviesan variaciones de peso a lo largo de sus dos primeros años de vida, siguiendo las mismas variaciones que tiene el crecimiento de las pasturas nativas.

En los sistemas lecheros en Uruguay, en base a DI.CO.SE., citado por Mattiauda et al. (1998), las categorías de reemplazo reciben menor atención que el rodeo en producción, lo que provoca un desarrollo limitado de las hembras y un atraso de la edad al primer servicio.

La categoría recría, si bien engloba un área importante, está constituida por el área de recursos forrajeros más bajos en valor nutritivo (campo natural, fardos, ensilaje planta entera, etc). Esto es debido al bajo nivel de retorno económico que significa esta categoría, donde el beneficio de una inversión en este rubro, es al largo plazo y, en ciertas circunstancias, puede resultar en un menor beneficio económico por área productiva, disminuyendo los indicadores de retorno económico. Son categorías cuyos requerimientos no están destinados para aumentar la producción, sino para saciar exigencias de crecimiento y desarrollo. En términos generales, esta categoría *“no es considerada prioritaria por variados motivos, lo que conduce a entorar y faenar animales a edades muy avanzadas”* (Pigurina et al., 1997). Según el mismo autor, esta categoría se encuentra en la etapa más eficiente para convertir alimento en músculo y hueso, la cual no es aprovechada como tal, debido a las condiciones climáticas y/o de calidad de las pasturas a las cuales dichas categorías son asignadas en nuestros sistemas de producción, ya sea campo natural u otros recursos similares.

Según Corbellini, citado por Lager (2011), la cría y la recría son animales improductivos y constituyen una verdadera carga económica para el productor, ocupan espacio, campo y generalmente son relegados a los peores potreros, con malas pasturas. (...) Estas recién se preñan más allá de los 2 años de edad y paren a los 3 años.

Según Lager (2011) la incorporación de la máquina de ordeñar hizo imposible la crianza de las terneras al pie de la madre. Ante esta situación comienza la cría alimentando terneras con leche, concentrados energéticos y proteicos y heno de alfalfa, tratando de acelerar el pasaje de lactante a rumiante, suministrando la menor cantidad de leche posible o sustitutos lácteos debido a que son insumos caros.

Según Lager (2011), la crianza artificial tiene dos etapas: cría 1 que es la etapa de lactante, puede durar entre 21 y 90 días, y la cría 2 que va hasta los 4 o 5 meses de edad. A partir de esta edad, la categoría es recria, donde tienen un buen desarrollo de los preestómagos y pueden seguir creciendo normalmente alimentándose solo con pasto. La recria comienza cuando la ternera puede alimentarse solo de pasto, a 4 o 5 meses de edad. La recria, como categoría, llega hasta vaquillona para servicio. Esto puede ser alrededor de los 14 o 15 meses de edad lo que se ha denominado como entore precoz, para parir a los 24 meses.

Según Vaz Martin (1986) es común que los animales tengan fuertes pérdidas de peso en aquellas estaciones de bajo o nulo crecimiento de la pastura natural como en invierno y verano para posteriormente recuperar peso en otoño y primavera. Es así que se da un proceso continuo de pérdida de peso y posterior compensación que afecta los procesos de cría, recria y engorde de los animales.

## 2.2 FORRAJES FIBROSOS

Los alimentos fibrosos son aquellos que presentan un 18% o más de Fibra Cruda (FC) y de baja densidad física (Church, 1980).

Los verdes de verano tradicionales, formados por gramíneas anuales estivales, producen alta cantidad de materia seca y se adaptan a variados ambientes, pero la productividad animal puede verse afectada ya que ofrecen insuficiente calidad, lo que se vuelve más importante a medida que avanza el ciclo del verdeo, evidenciando con esto que la baja calidad de las pasturas tropicales son la principal limitante para el desempeño animal en climas templados (Macon et al., 2002). Se destaca un bajo nivel de proteína cruda

(PC), baja densidad energética (alto FDA) y alto contenido de fibra (alto FDN) (Rovira y Velazco, 2011).

Según Rovira y Velazco (2009), en referencia al valor nutritivo del ensilaje de sorgo planta entera, a mayor valor de FDN, menor consumo de ensilaje al ser el nivel de ingesta limitado por el llenado físico del rumen. En tanto cuanto mayor sea el valor de FDA, menor será la digestibilidad y menor el contenido energético del ensilaje.

La baja productividad animal bajo pastoreo de especies tropicales está asociada a la calidad nutricional de los pastos, dado el alto contenido de paredes celulares, baja digestibilidad de las mismas, reducido contenido de proteína y alta degradabilidad de los compuestos nitrogenados que limitan la actividad ruminal, lo cual origina bajas tasas de ganancia, debido a un consumo limitado de nutrientes digestibles totales y una reducción en la eficiencia de utilización del alimento (Rojo et al., 2000).

### 2.2.1 Fibra en la alimentación de rumiantes

La fibra en los forrajes se corresponde a la fracción de carbohidratos estructurales de la pared celular. De acuerdo con el método de Van Soest, los componentes de la pared celular forman parte de la fracción Fibra Detergente Neutro (hemicelulosa, celulosa, lignina y cutina), Fibra Detergente Ácido (celulosa, lignina y cutina), Lignina Detergente Ácido (lignina y cutina).

La fibra (y particularmente los forrajes) constituye el componente fundamental de las raciones en la mayor parte de los sistemas productivos de rumiantes (Calsamiglia, 1997).

Dentro de la alimentación de los rumiantes en general, según Weiss, citado por Cruz y Sánchez (2000), la fibra es indispensable para mantener la funcionalidad ruminal, estimular el masticado y la rumia y mantener un pH ruminal adecuado que permita la buena salud y digestión de los alimentos.

Según Calsamiglia (1997) desde el punto de vista de la nutrición de los rumiantes, la fibra puede resumirse como el conjunto de componentes de los vegetales que tienen baja digestibilidad y promueven la rumia y el equilibrio

ruminal. Una vez adheridas las bacterias a la pared vegetal, la degradación de los componentes de la pared celular progresa por la acción de las celulasas y hemicelulasas y varía en función de la composición, el entramado tridimensional de los componentes y el grado de lignificación.

Según Grant (1991), mediante el aumento de la fibra en la dieta de los rumiantes, hasta el nivel óptimo, la fibra estimula la rumia y mantiene la función normal del rumen. Mientras que cuando se añade fibra a la dieta, más allá del nivel óptimo para un nivel dado de producción, la fibra comienza a afirmar un segundo efecto distintivo: limitar el consumo y la digestibilidad de la dieta.

La asociación de un forraje fibroso con uno de mayor digestibilidad ha demostrado ser una estrategia para aumentar el consumo de los alimentos, traduciéndose en un incremento en la productividad (Galina y Ortiz 2000, Ortiz et al. 2001). El aumento de la digestibilidad será producto de la habilidad del rumiante para incrementar su capacidad de fermentación mediante una mayor colonización de los microorganismos ruminales, formando a su vez proteína bacteriana de alta digestibilidad (Ortiz et al., 2001).

### 2.2.2 Ensilaje de sorgo

Según Ribeiro et al. (2007), hay una importante variabilidad dentro de los ensilajes de sorgo, correspondiendo al momento de ensilado y tipo de híbrido utilizado. Estas variaciones se deben principalmente a diferentes proporciones entre tallo, hojas y panoja y a la digestibilidad de cada una de estas fracciones.

Según Rovira y Velazco (2009), la baja relación grano/planta de los ensilajes de sorgo, sumado a que el grano se presenta prácticamente intacto (no es afectado físicamente por la acción de la cortadora y picadora de forraje), no solo afecta el valor nutritivo desde el punto de vista energético, por el bajo contenido en almidón, sino que también determina un menor consumo por su elevado contenido en fibra.

El uso de sorgo en la forma de ensilaje es favorecido por presentar altos niveles de carbohidratos solubles, capacidad tampón relativamente baja, contenido de materia seca superior al 20% y estructura física que favorece la compactación durante el llenado del silo (Ribeiro et al., 2007). En la misma línea, Rovira y Velazco (2009) también mencionan que el cultivo de sorgo es rico en carbohidratos solubles, ofrece baja resistencia al descenso del pH durante la fermentación en el proceso de ensilado, permitiendo mejores condiciones para el crecimiento de las bacterias lácticas responsables del descenso del pH.

Según Araújo et al., citados por Ribeiro et al. (2007), el ensilaje de sorgo presenta varias ventajas cuando es comparado con el ensilaje de maíz, incluyendo menores costos de producción, mayor tolerancia a sequía, así como mejor capacidad de recuperación luego de largos períodos de sequía y mayor producción de materia seca bajo estas condiciones.

Con respecto al pH del ensilaje de sorgo, según Rovira y Velazco (2009), la longevidad y conservación de la calidad del material embolsado en un ensilaje con pH elevado (mayor a 5) probablemente se vea comprometida, lo que en términos prácticos implica una rápida utilización del ensilaje a efectos de evitar pérdidas significativas del valor nutritivo asociadas a fermentaciones indeseables.

Paiva, citado por Ribeiro et al. (2007), caracterizó los ensilajes en función de su valor de pH, como “muy bueno”, “bueno”, “medio” y “malo”. Los rangos fueron los siguientes: 3,6 a 3,8 para muy bueno, 3,8 a 4,2 para bueno, de 4,2 a 4,6 para medio y valores mayores a 4,6 para malo.

### 2.2.3 Alimentos alternativos

Según Chilibróste (2012) *“la inclusión de subproductos de cosecha o industriales constituye una oportunidad única, sustituyendo fuentes demandadas por la nutrición humana (maíz, trigo) por fuentes que no compiten en este mercado (afrechillos, expellers, residuos de cosecha). Adicionalmente, en la mayoría de los casos, los subproductos industriales tienen un alto*



*potencial contaminante, lo que obliga a incorporarlos en costosos procesos de tratamiento, de no tener una fuente alternativa de uso.”*

## 2.3 ACTIVADOR DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL

Según Chilibroste (2012), el activador de la fermentación ruminal (AFR) es un estimulante biológico que favorece el metabolismo ruminal, a través del suministro a los microorganismos de nutrientes esenciales para su crecimiento, lo que deriva en una mayor degradación de partículas de alimentos fibrosos de baja y media calidad.

Según Jordan (1997), el activador ruminal es un producto que cumple las condiciones de mejorar la eficiencia ruminal sobre dietas fibrosas, equilibra el nivel de nutrientes suplementarios a los microorganismos ruminales, estabiliza el equilibrio ácido-básico, controla el consumo de alimentos suplementarios, no hay intoxicación ni adaptación a esta dieta. (...) Es un producto suplementario que cubre las necesidades nutricionales del complejo de microorganismos del rumen, que potencia su eficiencia en la ganancia animal por unidad de energía y proteína consumida a partir de alimentos fibrosos, reduciendo las necesidades de complementar con alimentos concentrados para alcanzar altos niveles de ganancia corporal en rumiantes.

### 2.3.1 Actividad de la flora ruminal

Según Calsamiglia (2007), *“la estrategia alimentaria de los rumiantes se basa en la simbiosis establecida entre los microorganismos y el animal. Mientras el rumiante aporta el alimento y las condiciones medioambientales adecuadas, las bacterias utilizan parcialmente los alimentos haciendo útiles los forrajes y aportando productos de la fermentación con valor nutritivo para el rumiante (ácidos grasos volátiles) y sus propios cuerpos microbianos”*.

La proteína microbiana que se produce en el rumen proporciona entre el 70 y 100% del nitrógeno disponible en las partes bajas del tracto digestivo en animales que consumen dietas fibrosas con bajo contenido proteico (Orskov,

citado por Rodríguez et al., 2007). Otros autores afirman que los productos finales de la fermentación ruminal abastecen entre el 70 y 80% de los requerimientos energéticos (Sutton, citado por Fernández, 2001), y entre el 40 y 80% de los requerimientos proteicos de un rumiante (Clark, citado por Fernández, 2001).

Según Rodríguez et al. (2007), al incrementar el nivel de consumo se reducen los costos energéticos de mantenimiento de los microorganismos porque disminuye el tiempo que estos permanecen en el rumen. Además, al aumentar el consumo se incrementa el flujo de partículas del rumen. De esta forma aumenta el número de bacterias adheridas al alimento que sale del rumen y pasa al abomaso y al duodeno, se reduce el reciclado ruminal de la proteína microbiana (Van Soest, 1994) y se incrementa el rendimiento microbiano.

Al aumentar el número de microorganismos ruminales, se incrementa significativamente la síntesis de proteína microbiana, permitiendo aprovechar el potencial para mejorar la productividad de los rumiantes (Koenig y Newblod, citados por Pineda Lucatero, 2004). Surgen dos consecuencias fundamentales, aumenta el porcentaje de nutrientes debido a la mayor digestibilidad del alimento (aumentando los valores indicados en tablas convencionales de alimentos) y se produce un aumento de la cantidad de materia seca ingerida (Pineda Lucatero, 2004).

Se han realizado estudios en ovinos utilizando probióticos (estimulan la fermentación ruminal) en base a bacterias del género *Lactobacillus*, que han demostrado que la adición de probióticos más un suplemento nitrogenado de lento consumo, afectaron positivamente el porcentaje de fibra potencialmente digestible y digestibilidad verdadera del forraje. La fracción indigestible y el tiempo medio de desaparición de FDN disminuyeron en estas dos situaciones en relación al testigo sin probióticos. Por otro lado, la tasa de paso y la tasa de digestión se incrementaron con la adición del probiótico más el suplemento nitrogenado de lento consumo (Galina et al., 2008).

### 2.3.2 Resultado de experimentos

Galina y Carmona (2002), en un experimento realizado con bovinos cruza cebú de 297 kg promedio, alimentados con ensilaje de maíz como dieta base, solo o asociado con king grass (*Pennisetum purpureum*), obtuvo resultados de ganancias de peso promedio superiores a los 850 g/día que, al agregar como suplemento un activador de la fermentación ruminal, las ganancias diarias superaron los 1000 g/día.

Díaz et al. (2005) llevaron a cabo un experimento con Cebú suplementados con AFR donde las ganancias diarias de peso vivo superaron los 800 g/día aunque no hubo diferencias significativas con el control. El factor limitante pudo haber sido la energía, ya que: 1. en el control estuvo ligeramente por debajo de los requerimientos para la ganancia real obtenida. Y 2. en el tratamiento suplementado con AFR estuvo desbalanceada en relación con las entradas de nitrógeno a partir de la leguminosa y del AFR. A este desbalance también contribuyó la relación gramínea/leguminosa en el pastoreo. Por esta razón se desaprovechó parte de la proteína consumida, cuyo exceso produce un costo energético adicional para la excreción del nitrógeno por el ciclo de la urea.

Más recientemente, Rodríguez et al. (2012) estudiaron el efecto de la suplementación con un activador de la fermentación ruminal (AFR), con microorganismos benéficos biológicamente activados (MEBA), y la combinación de ambos (AFR+MEBA) sobre el consumo de materia seca y ganancia media diaria de peso (GMD) en terneras Holando consumiendo ensilaje de sorgo (ES) como dieta base. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 1: Consumo de ES, AFR, MEBA, AFR+MEBA y materia seca total (CMS total) en terneras alimentadas con ensilaje de sorgo como dieta base y ganancia media diaria (GMD) según tratamiento.

Consumo	C	CAFR	CAM	CMEBA	E.E.
ES (kg MS/día)	5,07 b	5,26 a	5,24 a	5,19 ab	0,04
AFR (kg MS/día)	---	1,17	---	---	---
AFR + MEBA (kg MS/día)	---	---	0,16	---	---
MEBA (kg MS/día)	---	---	---	0,10	---
CMS total (kg MS/día)	5,07 c	6,42 a	6,40 a	5,28 b	0,05
GMD (kg/día)	0,075 c	0,640 a	0,654 a	0,206 b	0,037

Letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). E.E.: Error estándar; C: Control (ensilaje de sorgo y núcleo mineral-vitamínico ad libitum); CAFR: C+AFR; CMEBA: C+MEBA; CAM: C+AFR+MEBA.

Como se observa en los resultados de Rodrigues et al. (2012), el consumo de ES fue igual entre los tratamientos suplementados. Sin embargo, los tratamientos CAFR y CAM fueron superiores al tratamiento C. No encontraron diferencias significativas entre los tratamientos C y CMEBA respecto al consumo de ES. El suministro de suplemento ejerció un efecto de tipo aditivo sobre el consumo de dieta base, aumentando el consumo de materia seca total. Todos los animales de los tratamientos suplementados lograron mayores GMD que el tratamiento C. Las mayores GMD la obtuvieron los animales de los tratamientos CAFR y CAM, que fueron iguales entre sí.

## 2.4 GLICEROL

El glicerol crudo es un subproducto de la industria de producción de biodiesel. Químicamente es un glúcido del grupo de los alcoholes, es un líquido incoloro, espeso y ligeramente dulce (Gallardo, s.f.). Una vez refinado, tiene varios usos industriales, en farmacéutica, cosméticos y alimentación animal.

Según Thompson y He, citados por Donkin et al. (2009), el glicerol es un subproducto de la trans-esterificación del aceite en la formación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos, en la producción de biodiesel.

### 2.4.1 Glicerol en alimentación de rumiantes

Según Gallardo (s.f.), en base a evaluaciones realizadas en USA, en vacas lactando, el glicerol puede reemplazar al grano de maíz hasta un nivel de un 15% de la MS total consumida, sin efectos negativos en el desempeño animal.

Según Chung et al. (2007) con la creciente producción de biodiesel, quedará un sobrante de glicerol que inundará las fuentes para las aplicaciones tradicionales. Es por esto que se ha sugerido darle un uso en la alimentación de ganado.

Donkin (2008) mencionó que con la expansión de la industria de los bicomcombustibles, incluyendo el tratamiento de aceite de soja para la producción de biodiesel, se genera un potencial para una mayor disponibilidad de glicerol crudo, siendo un subproducto de una valiosa fuente de energía para los rumiantes.

Cuadro No. 2: Composición química del glicerol en relación a su pureza.

PUREZA DEL GLICEROL			
	BAJA	MEDIA	ALTA
Agua (%)	28,6	1,1	2,5
	Composición de la Materia Seca (%)		
Glicerol	63,3	85,3	99,8
Extrato Etereo	0,71	0,44	n.a.
P	1,05	2,36	n.a.
K	2,2	2,33	n.a.
Na	0,11	0,09	n.a.
Pb	0,0003	0,0002	n.a.
Metanol	26,7	0,04	n.a.

Fuente: Schröder y Sudeküm (1999)

Nota: concentraciones de cadmium, mercurio y arsénico se mantuvieron por debajo del límite de detección. n.a.: no analizado.

Según los mismos autores (Schröder y Sudeküm, 1999), las variaciones en la pureza, como se ve en el cuadro 1, se deben a la concentración de agua, glicerol, fósforo y metanol. Glicerol de diferentes purezas puede ser incluido en dietas para rumiantes hasta en un 10% del total de MS, sin observar efectos negativos. Resultados obtenidos por estos autores, reflejan que el glicerol es un excelente precursor de glucosa, tanto su presentación impura como cuando es derivado de la producción de biodiesel.

La glicerina, aparte del glicerol tiene compuestos que pueden ejercer un efecto negativo sobre el metabolismo, ingestión y producción animal, estos son el metanol y sales. El contenido de metanol debe ser inferior al 0,5% (Donkin y Doane, 2007), aunque recientemente, se emitió una carta de reglamentación por parte de Food and Drugs Administration (FDA) que indica que los niveles de metanol por encima de 150 ppm podrían considerarse no aptos para el consumo animal. En condiciones normales, las bacterias ruminales deberían transformar el metanol en metano, proceso que se ve afectado ante una disminución de las bacterias ruminales debido a una acidosis ruminal (Elam et al., 2008).

Elam et al. (2008) realizaron una consideración que permite utilizar glicerol con contenidos más altos de metanol, siempre y cuando ese valor en la dieta total sea inferior a 0,5%. A modo de ejemplo, una dieta poco probable donde un 20% de la MS sea glicerina cruda con 3,915% de metanol, la dieta total tendrá un 0,78% de metanol.

#### 2.4.2 Resultado de experimentos

Según Johnson, citado por Chung et al. (2007), en la década del 1950, el glicerol ha sido utilizado para el tratamiento de la cetosis en vacas lecheras.

Según Bertics et al., citados por Wang et al. (2009), el consumo de materia seca en vacas de alta producción de leche puede disminuir hasta un 30% durante la semana anterior al parto. Posteriormente, a menudo siguen en un balance energético negativo durante las siguientes 5 semanas postparto, aumentando la tasa de movilización de reservas lipídicas e incrementando las concentraciones en sangre de cuerpos cetónicos.

Según Chung et al. (2007), cuando el cuerpo utiliza las reservas de grasa como fuente de energía, el glicerol y los ácidos grasos se liberan en el torrente sanguíneo. Según Krebs et al., citados por Chung et al. (2007), el componente glicerol puede ser convertido a glucosa por el hígado y los riñones según Krebs y Lund, citados por Chung et al. (2007), proporcionando energía para el metabolismo celular.

Según De Frain et al. (2004), la adición de glicerol a la dieta de vacas próximas al parto, ofrecerían un sustrato glucogénico, aliviarían el complejo de hígado graso-cetosis y mejorarían el rendimiento de la lactancia debido a un mejor balance energético. Realizaron un experimento suplementando pre y postparto con glicerol a vacas lecheras (21 multíparas y 9 primíparas) donde obtuvieron como resultado que el único efecto de la suplementación con glicerol fue una reducción en el consumo de materia seca, antes del parto, en un 17% en comparación con el tratamiento control. Y la suplementación con glicerol no afectó el rendimiento de la lactancia postparto en comparación con el tratamiento control.

Resultados de experimentos realizados con corderos presentados por Gunn et al. (2010), revelan una disminución en la ingesta de materia seca total asociada a un aumento en la proporción de glicerol en la dieta.

Por otro lado, Abo El-Nor et al. (2010) realizaron un experimento en el laboratorio con fermentadores artificiales hechos con líquido ruminal obtenido de vacas Holando alimentadas con una ración forraje/concentrado 60/40, donde sustituyeron maíz por glicerol crudo sin encontrar diferencias significativas en la digestibilidad de la materia seca.

Wang et al. (2009), trabajando con vacas multíparas de raza Holando, obtuvieron resultados donde la suplementación de glicerol no afectó el consumo de materia seca ni la producción de leche. Paralelamente, las vacas alimentadas con glicerol mostraron una tendencia a incrementar el peso corporal.

Donkin et al. (2009), llevaron a cabo un experimento con 60 vacas lactando, donde los datos indican que el glicerol es un sustituto adecuado para el grano de maíz en dietas para ganado lechero y que puede ser incluido en las raciones a un nivel de al menos un 15% de materia seca sin mostrar efectos adversos sobre la producción de leche ni composición de la misma. Tampoco

hubo diferencias en el consumo de materia seca, aunque si se observó un aumento de la digestibilidad aparente de la misma. En general no hubo diferencias entre los tratamientos en la eficiencia de utilización del alimento para la producción de leche; sin embargo, la eficiencia calculada para la ganancia de peso aumentó de manera lineal con el aumento de la inclusión de glicerol en la dieta.

## 2.5 SÍNTESIS

La categoría recria ha sido relegada a los recursos forrajeros más bajos en valor nutritivo. Lo cual impide capitalizar la etapa más eficiente del rumiante en transformar alimento en músculo y hueso, debido a que no se obtiene un retorno económico inmediato, priorizando categorías que sí lo hacen.

Para lograr entorar las vaquillonas a los 15-18 meses, se deben poder cumplir las exigencias de alimentación durante la recria las cuales no se logran en los actuales sistemas de producción.

Como posible solución aparece la suplementación con activadores ruminales, donde el efecto positivo de estos se capitaliza ante dietas base de bajo valor nutritivo como el campo natural, ensilaje de sorgo planta entera, forrajes con alto contenido de fibras y pobres en proteína cruda. La suplementación con activadores ruminales, consiste en ofrecer nutrientes que estimulan la actividad de la flora ruminal, resultando en una mayor utilización de los alimentos de bajo valor nutritivo. De esta manera surge un fenómeno de sinergia entre el activador ruminal y los alimentos toscos, que se resume en los siguientes atributos: incremento de la digestibilidad de la materia seca consumida; mejora la eficiencia de conversión y aumenta la ganancia diaria de peso.

Tenemos, entonces, un alimento de bajo valor nutritivo y un fenómeno de sinergia con los activadores de la fermentación ruminal. Estos, integran al maíz como principal fuente de energía.

El maíz es un insumo cuya industria y demanda se han vuelto muy competitivas. Desde el punto de vista del sistema de producción animal, este contexto significa un encarecimiento de la fuente de energía utilizada en las



raciones para rumiantes. Surge así la búsqueda de nuevas fuentes de energía para raciones, la cual se enfoca en un subproducto de la producción de biocombustibles: el glicerol.

El glicerol es un subproducto de la producción de biodisel, cuyo destino industrial ha sido básicamente la cosmética. Este destino se ha visto desbordado por el aumento de la producción de biocombustibles y, el glicerol, en grandes cantidades, ha tomado un destino incierto.

Se retoma entonces el estudio del glicerol como fuente de energía en la alimentación de rumiantes.

Distintos experimentos realizados recientemente con este objetivo, han demostrado que se puede suministrar desde un 5% hasta un 15% del total de materia seca de la dieta base sin obtener resultados nocivos y supliendo perfectamente las funciones energéticas del maíz.

## 2.6 HIPÓTESIS

1) La suplementación con activadores de la fermentación ruminal promoverán un mejoramiento en la digestibilidad de la dieta base, conjuntamente con un aumento en el consumo de la materia seca (MS), lo cual mejora los indicadores de crecimiento y la eficiencia de conversión.

2) La inclusión de glicerol en los activadores de la fermentación ruminal, como fuente de energía en sustitución del grano de maíz, no modificará los resultados obtenidos.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo fue realizado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, Ruta 3 Km. 363, Dpto. de Paysandú (30° de latitud Sur), República Oriental de Uruguay.

#### 3.2 PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se llevó a cabo durante la primavera del año 2010, entre el 25 de octubre y 21 de diciembre. Los primeros 15 días fueron considerados como período de acostumbramiento de los animales a la nueva dieta, donde no se realizaron determinaciones. La duración total fue de 58 días.

#### 3.3 ANIMALES

Se utilizaron 32 terneras Holando nacidas en otoño 2010, pertenecientes al rodeo experimental de la EEMAC. Al inicio del experimento tenían una edad de  $6,85 \pm 0,40$  meses y un peso vivo  $181 \pm 14,25$  kilogramos.

Los animales fueron estratificados por peso vivo, luego se conformaron los cuatro grupos de forma que fueran homogéneos entre sí. De este modo, cada tratamiento se compuso por 8 animales heterogéneos en peso vivo y que son representativos de la población.

Una vez conformados los grupos, se volvieron a pesar (respetando las 12 horas de ayuno) e ingresaron al experimento. También se registró el diámetro torácico y la altura del anca.

Los tratamientos sanitarios fueron los oficiales y los de rutina llevados a cabo en la EEMAC.

### 3.4 TRATAMIENTOS

Los tratamientos se diferenciaron en cuanto a los activadores de la fermentación ruminal suplementados en cada uno.

La dieta base utilizada durante el período experimental fue ensilaje de sorgo de planta entera, sales minerales compuestas y agua fresca, ad-libitum.

Cuadro No. 3: Descripción de los tratamientos.

Control	Ensilaje de sorgo ad-lib + sales minerales compuestas.
Tratamiento 1	Control + Bloque NutriBIOL GL®.
Tratamiento 2	Control + ActiBIOL® al 0,9 % del peso vivo.
Tratamiento 3	Control + ActiBIOL GL® al 0,9 % del peso vivo.

Durante toda la prueba experimental los animales permanecieron en corrales individuales de (20 m<sup>2</sup>) con una parte de los mismos provisto de techo. Diariamente se les suministró la dieta base (ensilaje de sorgo planta entera) y los suplementos correspondientes a cada tratamiento. Periódicamente se controló tanto la cantidad y calidad del agua así como el suministro de sales.

### 3.5 ALIMENTOS

La dieta base se suministró a voluntad y consistió en ensilaje de sorgo planta entera realizado en la EEMAC.

#### 3.5.1 Ensilaje de sorgo planta entera

El mismo fue el Cultivar NK 240, sembrado a una densidad de 300.000 semillas/ha en surcos a 50 cm. La siembra fue llevada a cabo el 13 de enero del

2010. El atraso en la fecha de siembra fue debido a las precipitaciones correspondientes a noviembre y diciembre del 2009. A la siembra se utilizaron dos herbicidas Novazina (1,4 Kg/ha) y Duald Gold (1 litro/ha) para el control de malezas y se fertilizó con 100 kg/há de 18-46-0. Finalmente, el ensilaje se realizó el 17 de mayo del 2010.

### 3.5.2 Activadores

A los tratamientos 1, 2 y 3, también se les suministró diariamente los activadores correspondientes. Los mismos, tanto el Actibiol® como el Actibiol GL® modificado y los bloques Nutribiol GL®, fueron provistos por ALUR.

Estos activadores corresponden a una línea de producción comercial de ALUR. El Actibiol® y el Actibiol GL® funcionan como estimulador del crecimiento de microorganismos. Y el Nutribiol GL® es un complemento y estimulante alimenticio para rumiantes, activa la flora ruminal incrementando la capacidad de digestión (ALUR).

### 3.6 MANEJO

Los animales se encontraban aislados en sus correspondientes corrales, donde fueron alimentados una vez al día (por la mañana). Los alimentos se suministraron por separado (ensilaje, activador, bloques, mezcla de sales minerales y vitaminas), quedando los activadores, las sales minerales y el agua, bajo techo y el ensilaje a la intemperie.

El ensilaje, bloques y mezcla de minerales y vitaminas se suministraron a voluntad, mientras que los activadores se suministraron a razón del 0,9% del PV (9 g/kg de PV). Todos los corrales tuvieron un recipiente en el que se suministró agua a voluntad.

El alimento ofrecido y el rechazo se retiraron y pesaron previo a ofrecer la nueva alimentación diariamente. De este modo se llevó a cabo la cuantificación de los datos pertinentes, registrando cada una de las variantes

(consumo de MS de ensilaje y de activadores). La oferta de ensilaje de sorgo se reguló en función del consumo, tomando como criterio, que el rechazo no sea inferior al 10-15% del alimento ofrecido.

Por otro lado, la oferta de los activadores se corrigió periódicamente, luego de cada pesada, en función del nuevo registro de peso vivo. En lo que refiere a la cuantificación del consumo de bloque nutricional, ya que el mismo se consumía ad-libitum, se pesó cada vez que se ofreció y, posteriormente, se cuantificó el rechazo.

### 3.7 DETERMINACIONES

#### 3.7.1 En los animales

Se tomó registro de la evolución del peso vivo y altura del anca cada 14 días a partir del inicio del experimento. También se determinó el consumo diario de ensilaje de sorgo planta entera de cada animal y el consumo diario de activadores de los animales correspondientes a los tratamientos 1, 2 y 3.

El consumo de ensilaje y de activadores, se cuantificó diariamente como la diferencia entre los kilos ofrecidos y los rechazados al día siguiente. Para esto se utilizó una balanza de precisión, donde se pesó la cantidad de kilos ofrecidos y rechazados del ensilaje y de los activadores (cuando los hubo). El consumo de los bloques nutricionales se determinó al final del experimento, a través de la suma de los kilos consumidos durante la prueba, los cuales fueron registrados para cada animal individual.

#### 3.7.2 En los alimentos

En lo que respecta a los alimentos, se determinó pH del ensilaje ofrecido y la composición química (MS, PC, FDA, FDN y cenizas). Para esto se tomaron 3 muestras semanales del rechazo de ensilaje de cada tratamiento, las cuales fueron conservadas a 4° C, hasta formar una muestra compuesta

quincenal de cada tratamiento. Posteriormente, cada muestra compuesta fue secada en una estufa a 60° C durante 48 hs. La muestra fue pesada en una balanza de precisión, antes y después de ser secado, para determinar el porcentaje de materia seca. Luego fue molida y enviada al laboratorio, donde se determinó la composición química de cada muestra.

Adicionalmente se tomó una muestra semanal del ensilaje de sorgo ofrecido, donde se determinó pH.

También se tomó muestras del Actibiol®, Actibiol GL® y del Bloque Nutribiol GL®, las cuales fueron enviadas al laboratorio para determinar su composición química: MS, PC, FDN, FDA y EE.

### 3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento está diseñado en bloques completos al azar. Los bloques fueron armados en función de peso vivo.

Para estudiar el efecto de los tratamientos sobre la ganancia diaria, consumo de materia seca y altura del anca, se ajustó un modelo lineal de heterogeneidad dependiente de medidas repetidas en el tiempo, con la siguiente forma general:

$$Y_{ijk} = \beta_0 + S_i + \epsilon_{ij} + \beta_1 D_k + \beta_{1i} S_i D_k + \beta_2 \text{ inicial} + \epsilon_{ijk}$$

Siendo:  $Y_{ijk}$  = peso vivo del j-ésimo grupo de animales, perteneciente al i-ésimo nivel de suplementación, en el día k  $\beta_0$  = Intercepto.

$S_i$  = suplementación (j = Control, T1, T2, T3)

$\beta_1$  = coeficiente de regresión asociado a la medición repetida ( $D_k$ )

$\beta_{1i} S_i$  = coeficiente de regresión asociado a la medida repetida para cada tratamiento

$\beta_2$  = coeficiente de regresión asociado a la covariable inicial

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental (entre repeticiones).

$\epsilon_{ijk}$  = Error de la medida repetida (dentro de grupos, entre mediciones)

Se utilizó el procedimiento Proc Mixed del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), considerando la autocorrelación entre las medidas repetidas en el tiempo. Los coeficientes de regresión respecto a los días (ganancias diarias) de los diferentes tratamientos, fueron comparadas por contrastes simples. Estableciendo diferencias significativas con valores ( $p < 0,05$ ).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS ALIMENTOS

#### 4.1.1 Composición química del ensilaje de sorgo planta entera

En el siguiente cuadro se muestra la composición química del ensilaje de sorgo (planta entera) utilizado como dieta base en el experimento.

Cuadro No. 4: Composición química en base seca del ensilaje de sorgo planta entera

PARÁMETROS	%
Materia Seca	25.2
PC	7.2
FDN	72
FDA	48
MO	92.3

Como se observa en el cuadro anterior, la dieta base consistió en un alimento con un alto contenido de carbohidratos estructurales. Según Church (1984), este alimento integra la clasificación de alimentos toscos.

Los valores de Fibra Detergente Neutro (FDN) se asemejan a los obtenidos por INIA para la paja de avena (70%) y paja de arroz (71%). Asimismo los valores de Fibra Detergente Ácido (FDA), 47% para paja de avena y 55% para paja de arroz. Mientras que el valor de PC fue un poco superior, 7,2% para el alimento utilizado contra 4,4% y 4,3% para la paja de



avena y de arroz respectivamente (INIA, 2012). Por otro lado, Rovira y Velazco (2009), en un ensilaje de sorgo planta entera de la Región Este, obtuvieron resultados similares en PC (6,9%) e inferiores para FDN y FDA, 60,1% y 41,6%, respectivamente.

Haciendo referencia a lo mencionado por Rojo et al. (2000), la baja calidad nutricional de este alimento debido al alto contenido de paredes celulares, su baja digestibilidad y bajo contenido de proteína cruda, origina bajas tasas de ganancia debido a un limitado consumo de nutrientes digestibles totales y, consecuentemente, una reducida eficiencia de utilización del alimento. Lo que se puede observar más adelante en el cuadro número 11, donde la eficiencia de conversión del ensilaje de sorgo es de casi 13 Kg de MS por cada Kg de ganancia.

De todos modos y tal como lo afirma Grant (1991), Calsamiglia (1997), Weiss, citado por Cruz y Sánchez (2000), la fibra estimula la rumia, el masticado y mantiene el equilibrio ruminal con un pH adecuado que permite la buena salud animal y digestión de los alimentos.

En el siguiente cuadro de se muestran los registros de pH del ensilaje de sorgo, los cuales fueron tomados cada 15 días.

Cuadro No. 5: Valores de pH obtenidos del ensilaje utilizado

Fecha	pH
26-oct	3,80
05-nov	3,70
12-nov	3,89
17-nov	3,82
24-nov	3,79
01-dic	3,82
08-dic	3,80
14-dic	3,70

En base al cuadro anterior y haciendo referencia a la caracterización del ensilaje de sorgo en función del valor de pH realizada por Paiva, citado por Ribeiro et al. (2007), el ensilaje de sorgo utilizado como dieta base, oscila entre

“muy bueno” y “bueno” durante todo el transcurso del experimento, con valores que oscilaron entre 3,70 y 3,89, desde el punto de la conservación. Valores similares obtuvieron Rovira y Velazco (2009), cuyo ensilaje de sorgo planta entera tuvo un valor promedio de pH de 3,7.

#### 4.1.2 Composición química de los activadores ruminales

En el cuadro siguiente se observan los diferentes componentes de los activadores ruminales.

Cuadro No. 6: Componentes de los activadores ruminales.

COMPONENTES	Actibiol® (%)	Actibiol GL® (%)
Puntina de arroz	32	32
Maíz	21,4	--
Glicerol	--	21,4
Afrechillo de trigo	16,1	16,1
Expeller de girasol	17,9	17,9
Melaza	4,8	4,8
Urea	4,8	4,8
Minerales	1,4	1,4
Sulfato de amonio	1,7	1,7

Fuente: Chilbroste (2012)

Como se observa la única diferencia a nivel de componentes se debe a la presencia de maíz en el primero, la cual es sustituida por glicerol, en el segundo.

En el siguiente cuadro se muestra la composición química que presentaron los activadores ruminales correspondientes a cada uno de los tratamientos.

Cuadro No. 7: Composición química de los activadores ruminales.

PARAMETROS	Actibiol® (%)	Actibiol GL® (%)	Bloque Nutribiol GL® (%)
Materia Seca	87.5	81.1	81.6
PC	29	34	25
FDN	24	17	13
FDA	10	11	10
EE	7.4	4.5	-----
MO	93.2	92.2	83.5

Como se observa en el cuadro, son suplementos ricos en PC. El bloque nutricional presenta un menor contenido de materia orgánica (MO) debido a una mayor proporción de sales, las cuales proporcionan la regulación del consumo por los animales.

En el siguiente cuadro se especifican las características generales de la glicerina cruda vegetal como subproducto de la producción de biodiesel., elaborada a partir de materias primas vegetales tales como aceite de canola, soja y girasol.

Cuadro No. 8: Especificación de Glicerina Cruda Vegetal.

Característica	Especificación	Unidad
Contenido de agua (Karl Fischer)	0,5-5,0	%(m/m)
Cenizas	3,0-6,0	%(m/m)
Contenido de glicerol	78-82	%(m/m)
Contenido de metanol	2,5-5,0	%(m/m)

Fuente: ALUR<sup>1</sup>

Nota: porcentaje masa-masa (% m/m) se define como la masa de soluto (sustancia que se disuelve) por cada 100 unidades de masa de la disolución (soluto + disolvente).

Al relacionar los datos proporcionados por ALUR presentados en el cuadro anterior, con la clasificación hecha por Schröder y Sudeküm (1999), esta glicerina cruda entra en la clasificación de pureza “media”, en base a su contenido de glicerol.

El contenido de metanol en la glicerina cruda vegetal oscila entre 2,5 y 5% (m/m), mientras que Donkin y Doane (2007), Elam et al. (2008) consideran que el contenido de metanol puede ejercer efectos negativos sobre el metabolismo, ingestión y producción animal y el contenido de metanol debe ser inferior a 0,5% en el glicerol.

Considerando un 5% de metanol en la glicerina cruda utilizada en los activadores ruminales, la dieta total consumida por los animales del T3 presentó un 0,25% de metanol.

#### 4.2 CONSUMO DE LOS ALIMENTOS

Cuadro No. 9: Consumo promedio diario de materia seca (MS) de ensilaje de sorgo y suplemento por tratamiento.

Tratamiento	Consumo (MS) ensilaje sorgo (Kg/día)	Consumo (MS) suplemento (Kg/día)
Control	4,0 a	--
T1	3,5 a	3,26 a
T2	4,0 a	1,54 b
T3	4,2 a	1,41 b

Letras diferentes significan medidas diferentes Tukey (P<0,05)

En función del cuadro anterior, no hay diferencias significativas entre tratamientos en el consumo de la dieta base. Cada tratamiento consumió la

<sup>1</sup> ALUR. 2012. Especificación de material (sin publicar).

misma cantidad de ensilaje de sorgo durante el período del experimento (ver Anexo 1 y 2). Por lo tanto, la suplementación con activadores de la fermentación ruminal no provocó un aumento del consumo de la dieta base.

Por lo que tampoco se dio un fenómeno de sustitución, incluso en el tratamiento 1, donde el consumo del suplemento no estaba correctamente regulado debido a la formulación del bloque. De todos modos, en este tratamiento, se visualiza un efecto de adición y sustitución, pero sin diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro No. 10: Consumo promedio diario de MS total y aumento del consumo en relación al Control.

Tratamiento	CBS total (Kg/día)	Aumento CMS (%)
Control	4,00 c	--
T1	6,81 a	70
T2	5,53 b	38
T3	5,60 b	40

Letras diferentes significan medidas diferentes Tukey (P<0,05)

Como se observa en el cuadro anterior, hay un efecto de tipo aditivo en los tratamientos suplementados, donde el consumo total de MS fue notoriamente superior al tratamiento control.

No se observan diferencias estadísticamente significativas entre el T2 y T3 y se observó un consumo de MS hasta en un 40% superior al control. Mientras que el T1 aumentó un 70% el consumo de MS y fue significativamente superior a los demás tratamientos. Resultados similares obtuvieron Rodrigues et al. (2012), trabajando con terneras Holando de la misma edad, similares pesos vivos y con ensilaje de sorgo como dieta base, suplementadas con AFR y con MEBA. Obtuvieron un efecto de tipo aditivo, aumentando el consumo de materia seca total.

No se observa diferencias estadísticamente significativas en el consumo total de MS al sustituir grano de maíz por glicerol en la dieta (T3), como sí lo encontraron Gunn et al. (2010) en un experimento llevado a cabo con corderos. En este sentido, los resultados obtenidos en este experimento al incluir glicerol como fuente de energía, se asemejan a los obtenidos por Wang

et al. (2009) trabajando con vacas multíparas de raza Holando, donde la suplementación de glicerol no afectó el consumo de materia seca ni la producción de leche.

Estos resultados también son semejantes a los obtenidos por Donkin et al. (2009), donde los datos indican que el glicerol es un sustituto adecuado para el grano de maíz en dietas para ganado lechero y que puede ser incluido en las raciones a un nivel de al menos un 15% de materia seca sin mostrar efectos adversos sobre la producción de leche ni composición de la misma.

#### 4.3 VARIABLES CUANTIFICADAS CADA 14 DÍAS EN LOS ANIMALES

##### 4.3.1 Evolución del peso vivo

A continuación se muestran los resultados obtenidos en la ganancia diaria de peso, promedio por tratamiento.

Cuadro No. 11: Ganancia diaria promedio por tratamiento.

Tratamiento	GD (kg/día)
Control	0,31 c
T1	0,75 a
T2	0,57 b
T3	0,57 b

Letras diferentes significan medidas diferentes Tukey ( $P < 0,05$ )

De acuerdo a lo expuesto en el cuadro anterior, las mayores ganancias diarias se obtuvieron en el T1, no se registraron diferencias significativas entre el T2 y T3 y el Control fue significativamente inferior a los tratamientos suplementados (ver Anexo 3 y 4).

En el T1 se verificó que el consumo no estaba siendo regulado por la formulación del bloque, llegando a un consumo diario promedio significativamente superior a los demás tratamientos.

Éste registro de ganancia diaria observado en el T1, según Sejrson y Purup (1997), puede tener un impacto negativo permanente en el crecimiento mamario (tasas de crecimiento por encima de 600 a 700 g/día). Sin embargo, según Foldager et al., citados por Sejrson y Purup (1997), la edad al primer celo de vaquillonas Holando, disminuye de 16,6 a 8,4 meses cuando las ganancias diarias se incrementan de 450 a 850 g/día; valores alcanzados en T2 y T3.

Rodrigues et al. (2012) obtuvieron resultados de mayor dimensión, logrando aumentos significativos en la ganancia diaria de peso vivo en relación al control. Los animales del tratamiento suplementado con un activador de la fermentación ruminal, lograron ganancias diarias promedio de 0,640 kg/día, mientras que el tratamiento control se mantuvo en 0,075 kg/día. Así mismo, el consumo de la dieta base aumento de 5,07 kg/día MS (en el control) a 5,26 kg/día MS (en el tratamiento suplementado con AFR), mientras que el consumo promedio del suplemento durante el experimento fue de 1,17 kg/día.

Del mismo modo, Galina y Carmona (2002) trabajando con bovinos cruza cebú de 297 kg promedio, obtuvieron resultados similares, donde al suplementar con un activador de la fermentación ruminal, lograron incrementos de la ganancia diaria de al menos 150 g/día, pasando de 850 g/día a más de 1000 g/día.

Sin embargo, un experimento llevado a cabo por Díaz et al. (2005) con Cebú suplementados con activadores ruminales, no encontraron diferencias significativas con el control. Este resultado lo vincularon a la satisfacción de la capacidad de ingestión de MS diaria. Lo que hace referencia al beneficio de los activadores ruminales cuando son suplementos de dietas de bajo valor nutritivo.

Los activadores ruminales ejercen un efecto en el metabolismo de los animales donde, si bien no hubo diferencias significativas en el consumo de materia seca (MS) de la dieta base, sí las hubo en las ganancias diarias obtenidas en los tratamientos. En este sentido, Galina et al. (2008), realizando un experimento con ovinos, logró aumentar el porcentaje de fibra potencialmente digestible y la digestibilidad verdadera de forraje, utilizando probióticos más un suplemento nitrogenado de lento consumo.

Por otro lado, al comparar el T2 con el T3, no se registró diferencias significativas en la ganancia diaria de peso. Para este indicador de crecimiento se puede afirmar que no hay diferencias en utilizar glicerol crudo como fuente de energía para sustituir los atributos que presenta el maíz.

Sin embargo, Wang et al. (2009) trabajando con vacas multíparas Holando, presentaron resultados donde las vacas alimentadas con glicerol mostraron una tendencia a incrementar el peso corporal.

En la misma línea, Donkin et al. (2009) trabajando con vacas lactando, encontraron que la eficiencia calculada para la ganancia de peso, aumentó de manera lineal con el aumento de glicerol en la dieta.

Cuadro No. 12: Eficiencia de conversión (EC) de la MS total, eficiencia de uso (EU) de cada suplemento y diferencia en GMD de cada tratamiento suplementado en relación al tratamiento control

Tratamiento	EC MS total	EU suplemento	Diferencia en GMD en relación al C (kg/día)
Control	12,89	---	---
T1	9,06	7,40	0,4414 a
T2	9,64	5,86	0,2636 b
T3	9,77	5,37	0,2633 b

Letras diferentes significan medidas diferentes Tukey ( $P < 0,05$ )

Como se observa en el cuadro anterior, las diferencias entre el T2 y el T3 en la eficiencia de conversión calculadas para ganancia de peso, no fueron de gran magnitud como las que sí encontró Donkin et al. (2009). Donde esta eficiencia de conversión, aumenta con la inclusión de glicerol en el suplemento. Igualmente se visualiza una tendencia a una mayor eficiencia de uso del suplemento en el tratamiento que contiene glicerol.

Estos resultados validan la hipótesis planteada al inicio, donde las funciones energéticas del maíz en la dieta, pueden ser reemplazadas por el



glicerol. Ambos tratamientos registraron un mismo nivel de consumo de MS de la dieta base y total ( $P < 0,05$ ), logrando una misma ganancia diaria ( $P < 0,05$ ) y, por lo tanto, una misma eficiencia de conversión.

Las eficiencias de uso encontradas por Rodrigues et al. (2012), fueron de 2,1; 0,8 y 2 kg suplemento por kg extra de peso vivo, para los activadores de la fermentación ruminal, los microorganismos benéficos biológicamente activados y ambos juntos, respectivamente.

Paralelamente, observando la eficiencia de uso del T1, ésta toma registros mayores debido a que, durante el experimento, el consumo del bloque nutricional no estuvo correctamente regulado. Si bien se registró una GMD mayor, el aumento del consumo del suplemento fue mayor, disminuyendo la eficiencia de uso.

En el siguiente cuadro se presenta la eficiencia de conversión del ensilaje consumido en cada tratamiento.

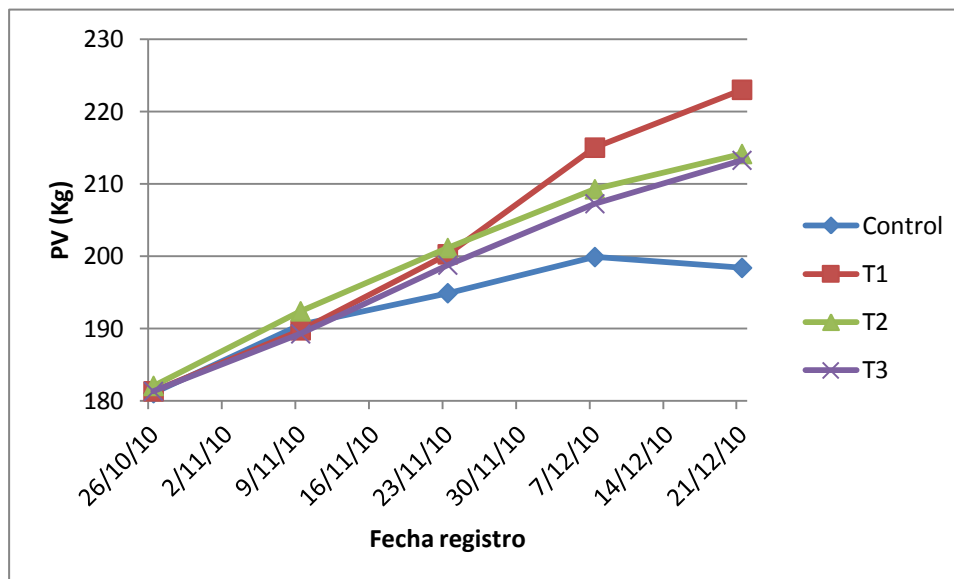
Cuadro No. 13: Eficiencia de conversión (EC) del ensilaje consumido en cada tratamiento.

Tratamiento	EC ensilaje
Control	12,892 a
T1	11,433 a
T2	12,845 a
T3	13,501 a

Letras diferentes significan medidas diferentes Tukey ( $P < 0,05$ )

No hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en la EC del ensilaje de sorgo. Por lo tanto, la suplementación con activadores de la fermentación ruminal no ejerció un efecto positivo sobre la EC de la dieta base.

Gráfico No. 1: Evolución del Peso Vivo



Como se puede apreciar en el gráfico anterior, el T2 y T3 evolucionaron igual durante el periodo. El T1 presentó una evolución similar en los primeros dos registros luego del inicio, marcando la diferencia hacia las últimas dos mediciones. El Control se mantuvo siempre por debajo de los tratamientos con suplemento y las diferencias fueron mayores hacia el final del experimento. En el primer registro luego del inicio, no hubo una diferencia notoria entre los 4 tratamientos, esto es adjudicado a la adaptación a los suplementos de los tratamientos 1, 2 y 3.

Por otro lado, al observar las curvas de evolución del PV, el control comienza a tomar valores decrecientes, el T2 y el T3 adquiere incrementos decrecientes mientras que el T1 continúa obteniendo incrementos crecientes.

#### 4.3.2 Altura del anca

La zoometría estudia las formas de los animales mediante mediciones corporales concretas que permiten cuantificar su conformación corporal. También permite conocer las capacidades productivas de una raza o su

inclinación hacia determinada producción zootécnica. Aún así, sería un error considerar los datos obtenidos en zoometría como valores matemáticamente fijos o de una precisión absoluta.

La altura del anca es la distancia que existe, de manera perpendicular, desde el punto más elevado de la cadera al plano de sustentación. El animal debe estar descansando simétricamente sobre sus cuatro extremidades y en posición normal, sin estar desviando su centro de gravedad.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de la evolución promedio diaria de la altura del anca de los animales, según tratamiento, durante el período del experimento.

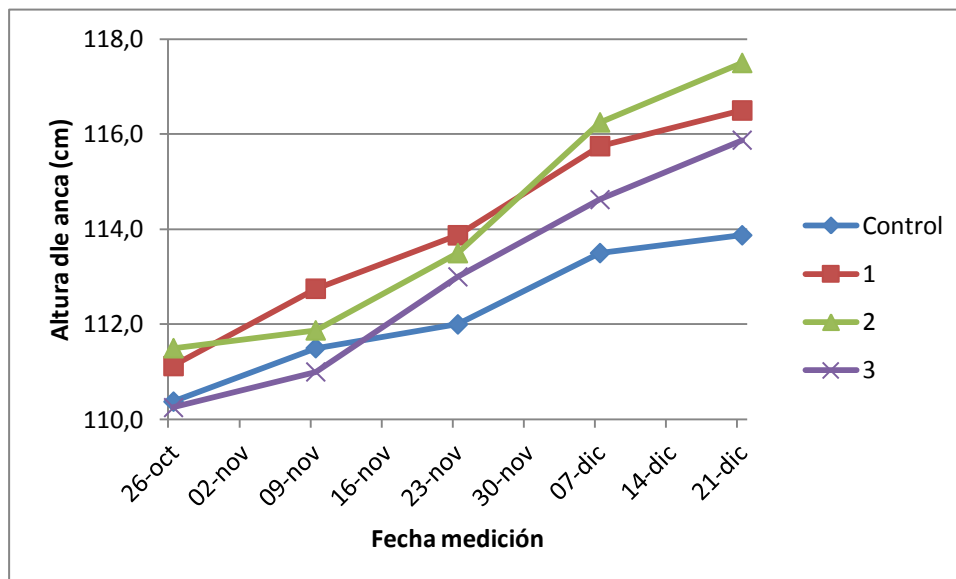
Cuadro No. 14: Evolución de la altura del anca por tratamiento.

Tratamiento	Altura (cm/día)
Control	0,06 a
T1	0,10 a
T2	0,11 a
T3	0,10 a

Letras diferentes significan medidas diferentes Tukey ( $P < 0,05$ )

Como se puede ver en el cuadro número 12, durante el período del experimento, todos los animales presentaron el mismo aumento en la altura del anca (ver Anexo 5 y 6). La suplementación con activadores ruminales no generó diferencias significativas en la altura del anca durante el período del experimento. Habría sido positivo continuar tomando registros de la altura del anca para observar la evolución de los animales y registrar una posible diferencia significativa entre los tratamientos, ya que la tendencia indica que los tratamientos suplementados aumentaron más la altura del anca en relación al control.

Grafico No. 2: Evolución de la altura del anca



Como se observa en el cuadro anterior, al inicio del experimento hay una dispersión de los registros, esto se debe a que los animales fueron estratificados en función del peso vivo y no de la altura del anca. Sin embargo es de destacar la curva que toma este indicador en cada tratamiento, a pesar de que estadísticamente no hay diferencias significativas, la tendencia indica un mayor aumento en la altura del anca en los tratamientos suplementados, que el registrado en el Control. Esta tendencia indica que los animales suplementados con activadores ruminales logran aumentar las ganancias medias diarias junto con un crecimiento del esqueleto.

El siguiente grafico relaciona la tendencia de la evolución diaria promedio de la altura del anca, con la ganancia media diaria, entre los tratamientos.

Cuadro No. 15: Evolución de la altura del anca, ganancia media diaria y relación GMD/Altura por tratamiento.

Tratamiento	Altura (cm/día)	GMD (kg/animal/día)	GMD/altura (kg/cm)
Control	0,063 a	0,310 c	4,91 c
T1	0,097 a	0,752 a	7,76 a
T2	0,111 a	0,574 b	5,17 b
T3	0,103 a	0,574 b	5,58 b

Letras diferentes significan medidas diferentes Tukey ( $P < 0,05$ )

Observando el cuadro anterior, la mayor relación GMD/Altura la obtuvo el T1, tratamiento que obtuvo mayores registros de GMD, por lo que los animales de T1 tendieron a aumentar el peso vivo sin el acompañamiento del indicador altura del anca. Como contraparte, la menor relación GMD/Altura se registró en el control, esto indica que los animales de este tratamiento estuvieron creciendo en altura y este crecimiento corporal fue acompañado, en menor magnitud, por un aumento de peso vivo. Como término medio, se ubican el T2 y el T3, que obtuvieron exactamente la misma relación GMD/Altura durante el período del experimento.

Según lo mencionado por Bagg et al. (1985), Heinrich et al. (1992), es importante tener en cuenta algún parámetro zoométrico asociado a la ganancia de peso vivo en las etapas tempranas del crecimiento, para lograr un buen desarrollo corporal y evitar ganancias de peso excesivas, tal es el caso del T1. Según Sejrsen y Purup (1997), tasas de crecimiento por encima de 600 a 700 g/día pueden tener un impacto negativo permanente en el crecimiento mamario.

## 5. CONCLUSIONES

No hubo diferencias estadísticamente significativas en el consumo de la dieta base ( $P < 0,05$ ).

No hubo diferencias estadísticamente significativas en la eficiencia de conversión de la dieta base ( $P < 0,05$ ).

Por lo tanto, la suplementación con activadores de la fermentación ruminal, en este experimento, no ejerció un aumento del consumo de la dieta base ni una mejora en su utilización.

Hubo efecto aditivo sobre el consumo de materia seca total, los animales suplementados consumieron más MS que el control ( $P < 0,05$ ).

Se registró importantes aumentos en la ganancia media diaria de los animales suplementados. Más de 500 g/animal/día contra los 310 g/animal/día que registró el tratamiento control.

El maíz como fuente de energía, puede ser sustituida por el glicerol, sin registrar diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables cuantificadas. Esto genera una interrogante ¿hasta qué nivel se puede incluir glicerol en los activadores ruminales, para sustituir otras fuentes de energía?

Con respecto a la altura del anca, no se observó diferencias significativas entre tratamientos. La evolución de la altura del anca no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

## 6. RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto sobre el consumo de materia seca y ganancia de peso vivo de terneras Holando, nacidas en otoño de 2010, alimentadas con ensilaje de sorgo como dieta base y suplementadas al 0,9% del peso vivo con activadores ruminales con diferentes niveles de maíz o glicerol como fuente de energía (Actibiol®, Actibiol GL® y Bloque Nutribiol GL®) se llevó a cabo un experimento desde el 25 de octubre hasta el 21 de diciembre de 2010 en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República. Se utilizó 32 terneras Holando; al inicio del experimento tenían una edad de  $6,85 \pm 0,40$  meses y un peso vivo  $181 \pm 14,25$  kilogramos. El experimento se realizó según un diseño de bloques completos al azar: los animales fueron estratificados por peso vivo y luego se conformaron 4 bloques, con 8 terneras cada uno y, a cada bloque, se le asignó al azar un tratamiento. Durante todo el experimento los animales permanecieron en corrales individuales, los alimentos fueron suministrados una vez al día y se determinó el consumo diario de ensilaje de sorgo de cada animal y el consumo diario de activadores ruminales en los animales correspondientes a los tratamientos 1, 2 y 3. Cada 14 días, a partir del inicio del experimento, se tomó registro de peso vivo y altura del anca. Cada 15 días se determinó pH del ensilaje ofrecido y composición química del mismo a partir de una muestra compuesta por tres muestras semanales del rechazo. Se tomó muestras de los activadores ruminales, las cuales fueron enviadas al laboratorio para determinar su composición química. No existieron diferencias significativas en el consumo de la dieta base entre los tratamientos. No se registró diferencias en el consumo total de materia seca al incluir glicerol en la dieta. Se registró diferencias en ganancias diarias de peso, alcanzando los mayores registros en el tratamiento con Bloque Nutribiol GL® y luego en los tratamientos con Actibiol® y Actibiol GL® sin haber diferencias significativas entre los dos últimos. En los tratamientos suplementados mejoró la eficiencia de conversión en relación al control. No se observa diferencias significativas al sustituir maíz por glicerol. No se observa diferencias significativas en relación a la altura del anca, aunque sí hay una tendencia a ser mayor en los animales suplementados.

Palabras clave: Terneras Holando; Activador ruminal; Glicerol; Consumo de Materia Seca; Ganancia diaria.

## 7. SUMMARY

In order to determine the effect on dry matter intake and live weight gain of Holstein calves, born in autumn 2010, fed sorghum silage based diet and supplemented with 0.9% of live weight with activators rumen with different levels of corn or glycerol as an energy source (Actibiol®, Actibiol GL® and Block Nutribiol GL®) is an experiment conducted from 25 October to 21 st December 2010 at the Experimental Station "Dr. Mario A. Cassinoni "of the Faculty of Agriculture, University of the Republic. 32 Holstein calves were used, at the start of the experiment had an age of  $6.85 \pm 0.40$  months and live weight  $181 \pm 14.25$  kg. The experiment was performed according to a design of randomized complete blocks: Animals were stratified by weight and then into 4 blocks, so they are equal to each other, with 8 calves each, and each block was assigned to treatment randomly. Throughout the experiment the animals were kept in individual pens, were supplied food once a day. Consumption per animal sorghum silage was determined daily and also the daily intake of activators rumen for treatments 1, 2 and 3. From the beginning of the experiment and each fortnight, was registered the alive weight and the height of the haunch. Every 15 days was determined the pH of the silage offered and its chemical composition from a sample consisting of three weekly samples of the rejected. They were also taken samples of rumen activators, which were sent to the laboratory to determine their chemical composition. No significant differences in the basic diet intake between treatments. There was no difference in the total dry matter intake by including glycerol in the diet. Differences were recorded daily weight gains, reaching the highest records in the treatment with Nutribiol GL®. Then, there were no significant differences in treatments with Actibiol® and Actibiol GL®. In the supplemented treatments improved conversion efficiency compared to control. No significant differences were observed when corn was replaced by glycerol. No significant differences were observed in relation to the height of the rump, although there is a trend to be higher in the supplemented animals.

Keywords: Holstein Heifers; Activator rumen; Glycerol; Dry Matter Intake; Daily gain.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. ABO EL-NOR, S.; ABUGHAZALEH, A.; POTU, R.; HASTINGS, D; KHATTAB, M. 2010. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. (en línea). *Animal Feed Science and Technology*. 162 (3-4): 99–105. Consultado 3 may. 2011. Disponible en <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840110002981>
2. BAGG, J. G.; GRIEVE, D. G.; BURTON, J. H.; STONE J. B. 1985. Effect of protein on growth of holstein heifer calves from 2 to 10 months. *Journal of Dairy Science*. 68 (11): 2929-2939.
3. BALLENT, M.; LANDI, H. G.; BILBAO, G.; DICK, A. 2003. Pubertad, peso vivo y desarrollo corporal en diferentes biotipos bovinos productores de leche; una actualización bibliográfica. *ITEA*. 99 (2): 130-138.
4. BATH, D. L.; DICKINSON, F. N.; TUCKER, H. A.; APPLEMAN, R. D. 1984. *Ganado lechero; principios, prácticas y beneficios*. México, D.F., México, Interamericana. 541 p.
5. BROSTER, W. H.; SWAN, H., 1983. *Estrategias de alimentación para vacas lecheras de alta producción*. México, D.F., México, AGT. 328 p.
6. CALSAMIGLIA, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. (en línea). *In*: Curso de Especialización FEDNA; *Avances en Nutrición y Alimentación Animal* (13º., 1997, Madrid). Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. Madrid, s.e. pp. 3-19. Consultado 26 ene. 2013. Disponible en [http://fundacionfedna.org/sites/default/files/97CAP\\_I.pdf](http://fundacionfedna.org/sites/default/files/97CAP_I.pdf)
7. CHILIBROSTE, P. 2012. Uso de subproductos industriales en la nutrición de bovinos de leche; una oportunidad para la lechería nacional. *In*: *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (40as., Paysandú, Uruguay). *Memorias*. Paysandú, CMVP. s.p.
8. CHUNG, Y. H.; RICO, D. E.; MARTINEZ, C. M.; CASSIDY, T. W.; NOIROT, V.; AMES, A.; VARGA, G. A. 2007. Effects of feeding dry glycerine to

early postpartum holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. *Journal of Dairy Science*. 90 (12): 5682-5691.

9. CHURCH, D. C. 1984. Alimentos y alimentación animal del ganado. Montevideo, Hemisferio Sur. 405 p.
10. COZZOLINO, D.; FIGURNIA, G.; METHOL, M.; ACOSTA, Y.; MIERES, J.; BASSSEWITZ, H. 1994. Guía para la alimentación de rumiantes. 2<sup>a</sup> ed. Montevideo, INIA. 60 p. (Serie Técnica no. 44).
11. CRUZ C., M.; SANCHEZ, J. M. 2000. La fibra en la alimentación del ganado lechero. (en línea). *Nutrición Animal Tropical*. 6 (1): 39-74. Consultado 26 ene. 2013. Disponible en [http://cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Publicaciones/cap3\\_vol6.pdf](http://cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Publicaciones/cap3_vol6.pdf).
12. DE FRAIN, J. M.; HIPPEN, A. R.; KALSCHEUR, K. F.; JARDON, P. W. 2004. Feeding glycerol to transition dairy cows; effects on blood metabolites and lactation performance. *Journal of Dairy Science*. 87 (12): 4195-4206.
13. DE LEON, M.; GIMENEZ, R. 2007. Evaluación de cultivares de sorgo para la confección de silajes; rendimiento, calidad, consumo y ganancia de peso de novillos. (en línea). Córdoba, INTA. Consultado 26 ene. 2013. Disponible en <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/05/MANFREDI-EVALUACION-DE-CULTIVARES-DE-SORGO-PARA-LA-CONFECCION-DE-SILAJES.pdf>.
14. DIAZ, A.; CASTILLO, E.; MARTÍN, P.C.; HERNÁNDEZ, J.L. 2005. Comportamiento productivo de añajos Cebú en pastoreo de asociación de glycine (*Neonotonia wightii*) y pasto natural, suplementados con un activador de la fermentación ruminal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. no. 3: 287-291.
15. DONKIN, S. S.; DOANE, P. 2007. Glycerol as a feed ingredient in dairy rations. Indiana, USA, Purdue University. pp. 97-103.

16. \_\_\_\_\_. 2008. Glycerol from biodiesel production; the new corn for daily cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37: 280-286.
17. \_\_\_\_\_.; KOSER, S. L.; WHITE, H. M.; DOANE, P. H.; CECAVA, M. J. 2009. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 92 (10): 5111-5119.
18. FASSIO, A.; COZZOLINO, D.; IBAÑEZ, W.; FERNANDEZ, E. 2002. Sorgo; destino forrajero. Montevideo, INIA. 30 p. (Serie Técnica no. 127)
19. GALINA, M. A.; CARMONA, M. M. 2002. Engorda de bovinos con silo de maíz láctico, solo o asociado con King grass (*Penisetum purpureum*) con o sin un suplemento activador de la fermentación ruminal. (en línea). In: Congreso Nacional de Buiatría (26°, 2002, Acapulco, Guerrero, MX). Resúmenes. Guerrero, s.e. pp. 240-244. Consultado 29 ene. 2012. Disponible en <http://ammveb.net/XXVI%20CNB/memorias/nut/nut05-p1.htm>
20. \_\_\_\_\_.; ORTIZ-RUBIO, M. A.; GUERRERO, M.; MONDRAGON, D. F.; FRANCO, N. J.; ELIAS, A. 2008. Efecto de un ensilado de maíz solo o inoculado con un probiótico láctico y adicionado con un suplemento nitrogenado de lento consumo en ovinos. *Avances de Investigación Agropecuaria*. 12: 23-34.
21. GALLARDO, M. s.f. Concentrados y subproductos para la alimentación de rumiantes. (en línea). Santa Fe, INTA Rafaela. 10 p. Consultado 8 ene. 2013. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/TEORICOS/Tema%202.%20Material%20de%20lectura.%20Concentrados%20y%20subproductos.pdf>
22. GALVANI, F. J. s.f. Alimentación de bovinos con sub-productos de la industria del biodiesel. Trabajo final de nutrición. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. s.p.

23. GRANT, R. J. 1991. G91-1034 evaluating the feeding value of fibrous feeds for dairy cattle. (en línea). Lincoln, University of Nebraska. s.p. Consultado 26 ene. 2013. Disponible en [http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1437&context=extensionhist&seiredir=1&referer=http%3A%2F%2Fwww.google.com.uy%2Furl%3Fsa%3Dt%26rct%3Dj%26q%3Devaluating%2520the%2520feeding%2520value%2520of%2520fibrous%2520feeds%2520for%2520dairy%2520cattle%26source%3Dweb%26cd%3D1%26ved%3D0CDEQFjAA%26url%3Dhttp%253A%252F%252Fdigitalcommons.unl.edu%252Fcgi%252Fviewcontent.cgi%253Farticle%253D1437%2526context%253Dextensionhist%26ei%3DyWoEUdyOH4Si8gTD84GgDg%26usq%3DAFQjCNF\\_Bu4DvqhP0ldG3PXgfhfZwOyXA#search=%22evaluating%20feeding%20value%20fibrous%20feeds%20dairy%20cattle%22](http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1437&context=extensionhist&seiredir=1&referer=http%3A%2F%2Fwww.google.com.uy%2Furl%3Fsa%3Dt%26rct%3Dj%26q%3Devaluating%2520the%2520feeding%2520value%2520of%2520fibrous%2520feeds%2520for%2520dairy%2520cattle%26source%3Dweb%26cd%3D1%26ved%3D0CDEQFjAA%26url%3Dhttp%253A%252F%252Fdigitalcommons.unl.edu%252Fcgi%252Fviewcontent.cgi%253Farticle%253D1437%2526context%253Dextensionhist%26ei%3DyWoEUdyOH4Si8gTD84GgDg%26usq%3DAFQjCNF_Bu4DvqhP0ldG3PXgfhfZwOyXA#search=%22evaluating%20feeding%20value%20fibrous%20feeds%20dairy%20cattle%22).
24. GUNN, P. J.; SCHULTZ, A. F.; VAN EMON, M. L.; NEARY, M. K.; LEMENAGER, R. P.; RUSK, C. P.; LAKE S. L. 2010. Effects of elevated crude glycerin concentration on feedlot performance, carcass characteristics, and serum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wheter lambs. *The Professional Animal Scientist*. 26 (3): 298-306.
25. HEINRICHS, A. J.; ROGERS, G. W.; COOPER, J. B. 1992. Predicting body weight and wither height in holstein heifers using body measurements. *Journal of Dairy Science*. 75 (12): 3576-3581.
26. \_\_\_\_\_. 1993. Nutrición para optimizar la salud y rendimientos de las terneras de recría. (en línea). In: *Curso de Especialización FEDNA; Avances en Nutrición y Alimentación Animal* (23º, 1993, Madrid). Nutrición para optimizar la salud y rendimientos de las terneras de recría. Madrid, s.e. pp. 125-131. Consultado 15 set. 2012. Disponible en [http://fundacionfedna.org/sites/default/files/07CAP\\_VII.pdf](http://fundacionfedna.org/sites/default/files/07CAP_VII.pdf).
27. INIA. 2012. Valores guía de alimentos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 26 ene. 2013. Disponible en [http://www.inia.org.uy/estaciones/la\\_estanzuela/actividades/documentos/valores\\_nutricionales\\_alimentos.pdf](http://www.inia.org.uy/estaciones/la_estanzuela/actividades/documentos/valores_nutricionales_alimentos.pdf).

28. JARRIGE, J. 1990. Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. Madrid, Mundi-Prensa. 470 p.
29. JORDAN VÁZQUEZ, H. 2001. Suplemento granulado como activador ruminal; certificado de autor de invención. La Habana, Cuba, Oficina Cubana de la Propiedad Industrial. s.p.
30. LAGGER, J. 2011. Crecimiento intensivo de cría y recría de vaquillonas, aplicando los principios de bienestar. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. 11 p. Consultado 10 ene. 2013. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/cria\\_artificial/10-Crecimiento\\_Intensivo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/cria_artificial/10-Crecimiento_Intensivo.pdf)
31. MACOON, B.; SOLLENBERGER, L. E.; MOORE, J. E. 2002. Defoliation effects on persistence and productivity of four pennisetum spp. genotypes. *Agronomy Journal*. 94 (3): 541-548.
32. MARINI, P.R.; CHARMANDARIAN, A.; KRUPICK, M.; DI MASSO, R.J. 2011. Altura de la cadera e indicadores productivos y reproductivos en vacas lecheras en pastoreo. (en línea). *Archivos de Zootecnia*. 60(232): 1981-1189. Consultado 9 ago. 2013. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49521125033>
33. MATTIAUDA, D.; BRUNI, M.; CHILIBROSTE, P.; FAVRE, E.; BENTANCUR, O. 2000. Asignación de forraje y manejo del pastoreo en el crecimiento de terneros holando deslechados. *In*: Congreso Latinoamericano de Producción Animal (16°), Congreso Uruguayo de Producción Animal (3°, 2000, Montevideo, UY). Memorias. Montevideo, s.e. 1 disco compacto.
34. FIGURINA, G.; BRITO, G.; PITTALUGA, O.; SCAGLIA, G.; RISSO, D. F.; BERRETTA, E. J. 1997. Suplementación de la recría en vacunos. *In*: Suplementación estratégica de la cría y recría ovina y vacuna. Montevideo, INIA. p.irr. (Actividad de Difusión no. 129)

35. RIBEIRO, G.; GONCALVES, L. C.; PIRES, D. A.; RODRIGUES, N. M. 2007. Consideraciones sobre el ensilajes de Sorgo. (en línea). In: Jornada sobre Producción y Utilización de Ensilajes (2007, Bahía Blanca). Consideraciones sobre el ensilajes de Sorgo. Bahía Blanca, Universidad Nacional del Sur. pp. 51-68. Consultado 25 ene. 2013. Disponible en <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/37208/1/OPB1703.pdf>
36. RODRIGUES, F. S.; ELIAS, A.; CHILIBROSTE, P. 2012. Suplementación con activadores ruminales en terneras alimentadas con ensilaje de sorgo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 32 (2): 117-123.
37. RODRIGUEZ, R.; RODRIGUEZ, Y.; SOSA, A. 2007. La síntesis de proteína microbiana en el rumen y su importancia para los rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 41 (4): 303-311.
38. ROJO, R., MENDOZA, G. D., GARCIA, C. M. 2000. Consumo y digestibilidad de pastos tropicales en toretes con suplementación nitrogenada y *Saccharomyces cerevisiae*. (en línea). *Revista de la Facultad de Agronomía – Luz*. 17 (4): 358-370. Consultado 15 ene. 2013. Disponible en [http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/julio\\_agosto2000/ra4007.pdf](http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/julio_agosto2000/ra4007.pdf)
39. ROVIRA, P.J.; VELAZCO, J.I. 2009. Valor nutritivo de ensilaje de sorgo de planta entera y grano húmedo en la Región Este. In: Jornada de Divulgación Producción Animal – Pasturas (2009, Treinta y Tres). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 79-82 (Actividades de Difusión no. 591)
40. \_\_\_\_\_.;\_\_\_\_\_. 2011. Herramientas nutricionales y no nutricionales para enfrentar el verano. *Revista INIA*. no. 26: 9-13.
41. SCHRÖDER, A.; SÜDEKUM, K-H. 1999. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. In: *New Horizons for an Old Crop* (10<sup>th</sup>, 1999, Camberra, Australia). Proceedings. s.n.t. s.p.

42. SEJRSEN, R.; PURUP, S. 1997. Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers. *Journal of Animal Science*. 75 (3): 828-835.
43. SWAN, H.; BROSTER, W. H. 1982. Principios para la producción ganadera. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 429 p.
44. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS AGROPECUARIAS. 2010. Anuario estadístico agropecuario 2010. (en línea). Consultado 26 ene. 2013. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,352,O,S,0,MNU;E:27;6;MNU;>
45. VELAZCO, J.I. 2009. Suplementación estratégica de la recría bovina sobre campo natural. *Revista INIA*. no. 18: 6-9.
46. VIGGLIZZO, E. 1981. Dinámica de los sistemas pastoriles de producción lechera. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 125 p.
47. WANG, C.; LIU, Q.; YANG, W. Z.; HUO, W. J.; DONG, K. H.; HUANG, Y. X.; YANG, X. M.; HE, D. C. 2009. Effects of glycerol on lactation performance energy balance and metabolites in early lactation Holstein dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 151 (1-2): 12-20.

9. ANEXOS

ANEXO 1: Consumo diario promedio de la dieta base por tratamiento.

Tratamiento	Consumo ensilaje sorgo BS (Kg/an/día)	Pr > t
Control	4,0016	< 0,0001
T1	3,5488	< 0,0001
T2	3,9872	< 0,0001
T3	4,1907	< 0,0001

ANEXO 2: Diferencia entre tratamientos en el consumo de la dieta base.

VS	Consumo ensilaje sorgo BS (Kg/an/día)	Pr > t
TC vs T1	0,4228	0,9809
TC vs T2	0,01442	1
TC vs T3	-0,1891	0,9982
T1 vs T2	-0,4084	0,9827
T1 vs T3	-0,6119	0,9458
T2 vs T3	-0,2035	0,9978

ANEXO 3: Ganancia diaria promedio de peso vivo por tratamiento.

Tratamiento	GD (kg/animal/día)	Pr > t
Control	0,3104	< 0,0001
T1	0,7518	< 0,0001
T2	0,574	< 0,0001
T3	0,5737	< 0,0001



ANEXO 4: Diferencia entre tratamientos en ganancia diaria de peso vivo.

VS	GD (kg/animal/día)	Pr > t
TC vs T1	-0,4414	< 0,0001
TC vs T2	-0,2636	< 0,0001
TC vs T3	-0,2634	< 0,0001
T1 vs T2	0,1778	0,0026
T1 vs T3	0,1781	0,0026
T2 vs T3	0,000249	0,9966

ANEXO 5: Crecimiento diario en altura del anca por tratamiento.

Tratamiento	Altura (cm/día)	Pr > t
Control	0,06321	< 0,0001
T1	0,09688	< 0,0001
T2	0,1111	< 0,0001
T3	0,1028	< 0,0001

ANEXO 6: Diferencia entre tratamientos en altura del anca.

VS	Altura (cm/día)	Pr > t
TC vs T1	-0,03366	0,0962
TC vs T2	-0,04786	0,0187
TC vs T3	-0,03955	0,0511
T1 vs T2	-0,0142	0,4808
T1 vs T3	-0,00589	0,7696
T2 vs T3	0,008304	0,6799