



Universidad Nacional del Sur  
Ingeniería Agronómica

### TRABAJO DE INTENSIFICACIÓN

“ENGORDE DE NOVILLOS UTILIZANDO GLICEROL EN LA DIETA COMO  
REEMPLAZO DE GRANO DE MAÍZ”



**Docente Tutor:** Mgtr. Méd. Vet. Fernández, Hebe

**Docente Consejero:** Dr. Méd. Vet. Torquati, Sergio

Dr. Ing Agr. Menghini, Mariano

**Consultores Externos:** Med. Vet. Duran, José

Ing. Agr.

Forgue, Pedro

**Alumno:** Molini, Juan Ignacio

Tesina para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

20 agosto 2020

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis padres Eduardo y Patricia por su esfuerzo y apoyo incondicional todos estos años.

Al resto de mi familia y a mi novia por compartir mis ganas de cumplir este objetivo.

A mis amigos que estuvieron presentes en esta etapa y con quienes he compartido muy gratos momentos.

A Hebe Fernández por su buena predisposición, a Sergio Torquati, Mariano Menghini y a mis consejeros.

Al Departamento de Agronomía y a la universidad pública que me permitieron formarme personal y profesionalmente.

A la Empresa Argentierra que puso a disposición sus animales e instalaciones para llevar a cabo el presente trabajo, como así también a su personal.

A la Asociación Argentina de Angus por haberme facilitado la interpretación de las imágenes ecográficas.

Muchas gracias a todos!

## ÍNDICE

Resumen	4
1 INTRODUCCIÓN	
1.1 Situación actual de la industria del biodiésel en Argentina	6
1.2 Subproductos de la industria del biodiésel	7
1.3 Glicerol en dieta de novillos. Efecto sobre parámetros productivos	9
1.4 Uso de glicerol. Efecto sobre parámetros sanguíneos	10
1.5 Glicerol, implicancias sobre las características carniceras	12
2 HIPOTESIS	14
3 OBJETIVOS	14
4 MATERIALES Y MÉTODOS	
4.1 Sitio experimental	15
4.2 Animales y Manejo	15
4.3 Dietas experimentales	16
4.4 Determinaciones	17
4.5 Diseño Experimental	18
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1 Parámetros productivos	19
5.2 Parámetros sanguíneos	22
5.3 Características carniceras	24
6 CONCLUSIÓN	26
7 BIBLIOGRAFÍA	27

## **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo fue, determinar la factibilidad de reemplazar parte del grano de maíz utilizado en dieta de novillos de engorde a corral por glicerol. Para ello, se determinaron parámetros productivos como peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF), ganancia diaria de peso (GDP) y eficiencia de conversión alimenticia (ECA). También, se realizaron evaluaciones sobre la salud del animal a través de la medición de los parámetros hematológicos: creatinina, urea, aspartato aminotransferasa (AST), alanina aminotransferasa (ALT), fosfatasa alcalina (FAL), gamma glutación transferasa (GGT), proteínas y creatininfosfoquinasa (CPK). Además, se llevaron a cabo estudios sobre las características carniceras a través de la medición de área de ojo de bife (AOB), espesor de grasa dorsal (EGD), grasa intramuscular (GI) e índice de muscularidad (IM). El trabajo experimental se realizó en las instalaciones de la empresa agrícola-ganadera ARGENTIERRA ubicado en la localidad de Coronel Dorrego. Sesenta novillos de razas británicas (Hereford, Aberdeen Angus y cruza) de  $390,73 \pm 5,94$  kg de PVI en etapa de terminación fueron elegidos al azar, separados en tres grupos de 20 animales cada uno. Los novillos fueron alimentados durante 112 días con las siguientes dietas, C: control (sin glicerol- sin reemplazo de maíz), G2: dieta con 2,5% de glicerol en reemplazo de maíz y G10: dieta con 10% de glicerol. Fueron ofrecidas dos veces al día, 08:00 y 17:00 horas. Respecto a parámetros productivos, los animales que consumieron la dieta G10 presentaron mayor ( $p > 0,05$ ) PVF y GDP, respecto a los novillos que utilizaron

las dietas G2 y C. Analizando los parámetros hematológicos, novillos consumiendo glicerol presentaron menor valor ( $P < 0,05$ ) de creatinina respecto al control. Por último, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en ninguno de los parámetros analizados de las características carniceras. Por lo tanto, resultaría factible el reemplazo de glicerol por grano de maíz hasta el 10% del total de la dieta, para novillos en terminación a corral, sin comprometer de manera significativa los parámetros productivos, las características carniceras, ni la homeostasis de los animales.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Situación actual de la industria del biodiésel en Argentina.**

Los biocombustibles son combustibles obtenidos a partir de biomasa vegetal o animal, renovables, que permiten reemplazar a los combustibles fósiles obtenidos del petróleo. Los biocombustibles más difundidos son el biodiesel, el bioetanol y el biogás. Con respecto al biodiesel, Argentina cuenta con 38 plantas productoras, distribuidas entre las provincias de Santa Fe, Buenos Aires, Santiago del Estero, Entre Ríos, La Pampa y San Luis. En el año 2018, la producción de biodiesel en Argentina totalizó 2.428.997 t. (Calzada et al., 2019). En cuanto a la producción por provincias, se observa una clara concentración de la elaboración del biocombustible en la provincia de Santa Fe, seguida por Buenos Aires. Según informe de la bolsa de Comercio de Rosario, si se toma como referencia el producto total del año 2018, se observa que la provincia de Santa Fe concentra un 72,2% del mismo, seguida por Buenos Aires (17,6%), La Pampa (4,0%), Entre Ríos (2,4%), San Luis (1,9%) y Santiago del Estero (1,9%).

Las ventas domésticas totalizaron 1.099.892 t., mientras que, por el lado de las exportaciones, se registraron 1.401.327 t.. Argentina es el principal exportador mundial y se ubica en el tercer puesto en la producción mundial de Biodiesel (Calzada et al., 2019).

Con respecto a las ventas en el mercado interno, éstas presentan una gran estabilidad, como consecuencia de políticas que establecen una tasa de corte obligatoria de gasoil con biodiesel (actualmente del 10%, desde el año

2014). Por otro lado, el volumen exportado está estrechamente ligado a la demanda internacional, principalmente de Europa, ante el cierre del mercado estadounidense (Calzada *et al.*, 2019).

## **1.2 Subproductos de la industria del biodiésel.**

El biodiésel es un combustible renovable derivado de aceites vegetales o grasas animales utilizado para motores diésel. Se caracteriza por ser biodegradable, no tóxico y reducir las emisiones de gases efecto invernadero. Este biocombustible se obtiene a partir de la reacción de un aceite vegetal o grasa animal con un alcohol, a través de un proceso químico llamado transesterificación, que da como resultado el propio biodiésel y un residuo, que es el glicerol.

### **1.2.1 Glicerina o Glicerol.**

El glicerol es un alcohol-azúcar que se obtiene como subproducto derivado de la producción de biodiesel. Es un líquido incoloro, inodoro, espeso y ligeramente dulce. Es un alcohol de azúcar con un alto índice de solubilidad en agua. En nuestro país, el glicerol crudo se genera a partir de cultivos como la soja y el girasol, obteniéndose como regla general, de cada 90 m<sup>3</sup> de biodiesel, 10 litros de glicerina cruda (Dasari *et al.*, 2005). Debido a la expansión de la industria del biocombustible en los últimos años, la oferta de glicerina cruda se ha incrementado y el costo se ha reducido. Dependiendo del grado de purificación, será el valor en el mercado y los

usos permitidos. Para alimentación animal normalmente se utiliza una purificación cercana al grado técnico (98%). De este modo, la glicerina se transforma en una fuente potencial de uso en dieta de animales.

### **1.2.2 Glicerol en la producción animal. Una propuesta sustentable.**

Uno de los mayores costos de producción, en ganadería es la alimentación. En la actualidad, el uso de alimentos alternativos ha cobrado importancia por presentarse como una opción tanto nutricional como económica que podría favorecer la rentabilidad del sistema. Debido a la expansión de la industria del biocombustible en los últimos años, la oferta de glicerol crudo se ha incrementado y el costo del mismo se ha reducido, transformándolo en una fuente potencial de alimentación para los rumiantes.

En sistemas de engorde de ganado bovino a corral, se utiliza gran cantidad de concentrados energéticos, los más utilizados son grano de maíz y cebada. Los valores de energía metabolizable de estos granos (maíz: 3,35 Mcal/kg; cebada: 3,15 Mcal/kg) son muy similares a los aportados por el glicerol (3,34 Mcal/kg), posicionando a éste subproducto en una opción de alto valor energético, que podría reduciría considerablemente el costo de las dietas. Schroder *et al.*, (1999) sostienen que el glicerol es más eficiente como concentrado energético respecto a concentrados formulados a base de almidón, siempre y cuando no supere un 20% de inclusión de este subproducto en la dieta.



Este subproducto, tiene la capacidad de ser absorbido, tanto por la mucosa ruminal como la intestinal, aunque la mayor parte será fermentada en rumen convirtiéndose en ácido propiónico. Dentro de las ventajas, la adición de glicerol a la dieta no provoca alteraciones en el consumo, incluso puede llegar a estimularlo. Galvani (2008) observó que el agregado de 10% de glicerol en la dieta aumentó la ingesta de alimento, adjudicándolo al sabor dulce que presenta este subproducto. Por otro lado, Schroder, et al., (1999) observaron que la inclusión de 10% de glicerol, independientemente del grado de pureza no afectó el consumo, la degradación ruminal de nutrientes, ni la digestibilidad. Además, Lage et al. (2010) demostraron que la inclusión de glicerina en un 12% en la dieta de rumiantes aumentó la digestibilidad de los carbohidratos no fibrosos causando consecuentemente una mayor producción de energía. Por otro lado, Miller et al., (2001) observaron en dietas adicionadas con glicerol una mejora en la digestibilidad del alimento y el rendimiento productivo del ganado de una manera dependiente de la dosis. En base a los datos mencionados anteriormente y teniendo en cuenta el bajo contenido de fibra que presenta este subproducto se lo podría considerar como un posible concentrado energético para dieta de los rumiantes. Otra ventaja que presenta el glicerol es su estabilidad, pudiendo ser almacenado y sin perder calidad durante un año.

En base a lo mencionado anteriormente el uso de un subproducto derivado de la producción de biodiesel como el glicerol, nos brindaría un panorama alentador como

herramienta para ser utilizarlo en sistemas de producción animal eficientes y sustentables.

Tomando como ejemplo el modelo cíclico de la naturaleza, si aplicamos el concepto de economía circular, ésta se presenta como un sistema de aprovechamiento de recursos. Es un ciclo de desarrollo positivo, continuo que preserva y mejora el capital, optimiza los rendimientos de los recursos y minimiza los riesgos del sistema (Fundación Robert Schuman, 2014). Esto implica que los residuos generados integran un sistema de reciclaje. Para el caso de este trabajo, el glicerol, proveniente de la transformación de productos agrícolas en biodiésel vuelve al sistema como aporte alimenticio en la actividad ganadera, dándole un valor agregado a este subproducto. Por otro lado, se evita la gestión de un residuo industrial, mitigando un problema ambiental.

### **1.3 Glicerol en dieta de novillos. Efecto sobre parámetros productivos**

Por las propiedades atribuidas al glicerol, resulta de interés añadirlos a la dieta como fuente de energía en reemplazo parcial de granos de cereales. De este modo, Ghitis (2012), reemplazando maíz por glicerol en un 10 %, encontró una mayor eficiencia de conversión alimenticia, así como mejoras en el marmoleo y calidad de la canal.

Por otra parte, Pyatt et al (2007), reemplazando un 10% de maíz por glicerol observaron una disminución en el consumo de alimento, sin embargo, la ganancia diaria de peso (GDP) y la eficiencia de conversión del alimento (ECA) mejoró. En discrepancia, Henao, (2013) no encontró diferencias en el consumo, ni en la GDP con el agregado de hasta un 8% de

glicerol. Así mismo, según Parsons *et. al.*, (2009) la adición de pequeñas cantidades de glicerina podría ser beneficiosa para el crecimiento del ganado, pero concentraciones superiores al 5% podrían crear un rumen no saludable, lo que resultaría en una reducción de la GDP. Se observa una gran discrepancia entre los resultados de los diferentes autores que podría estar fundamentada en la diferente composición química y dosis utilizada de glicerol. Además, la composición de la dieta, la interacción con otros aditivos alimenticios de la ración y la duración de los tratamientos puede haber influido sobre los resultados.

#### **1.4 Uso de glicerol. Efecto sobre parámetros sanguíneos.**

El hígado es un órgano vital para el metabolismo, al ser responsable de la gluconeogénesis, ureagénesis, metabolismo de lípidos y procesos de detoxificación (Tennant *et al.*, 2008). En los sistemas de producción ganaderos, el animal debe sostener una alta exigencia productiva donde el hígado cumple un rol metabólico fundamental, estando sujeto a la presentación de trastornos metabólicos y tóxicos (Santos *et al.*, 2008). Consecuentemente, para mantener el estatus sanitario y productivo del rodeo, es fundamental monitorear su integridad en los programas de salud y nutrición. El examen directo del hígado no es realizable en rumiantes siendo necesario recurrir a pruebas complementarias para detectar lesiones.

Cabe aclarar que ningún analito es específico de enfermedad hepática, si bien diversos constituyentes sanguíneos son modificados cuantitativamente en alteraciones del hígado. Las enzimas hepáticas están presentes en los hepatocitos o en el epitelio de los canalículos biliares, de modo que su lesión condiciona un aumento en la circulación sanguínea; por ello, el incremento de su actividad plasmática es indicativo de pérdida en la integridad celular hepática o de colestasis (Pearson 2006).

Entre las enzimas hepáticas utilizadas en el diagnóstico clínico de enfermedades hepatocelulares o colestasis en rumiantes se encuentran, la aspartato amino transferasa (AST) y gamma glutatión transferasa (GGT), las cuales permiten diagnosticar la presencia de daño hepático y orientar la ubicación de la lesión (Hoffmann *et al.*, 2008). La GGT se considera órgano-específica, mientras que la AST siendo hepatocelular también se ubica en células musculares y otras (Stockham *et al.*, 2008)

Por otra parte, la síntesis de urea involucra una secuencia de reacciones bioquímicas, controladas por las enzimas ureagénicas. En mamíferos, el hígado es el único órgano que posee todas las enzimas necesarias para la ureagénesis, utilizando distintas fuentes de N para la formación de urea por medio de condensación, desaminación y transaminación (Rodwell *et al.*, 2000). Sin embargo, en rumiantes, las concentraciones séricas de urea son afectados por el nivel nutricional, siendo un indicador sensible e inmediato de la ingestión de proteínas, al contrario de la albúmina, que es un indicador al largo

plazo del estatus proteico (González y Scheffer, 2003). De esta manera, la composición bioquímica de la sangre refleja de manera confiable el equilibrio entre el ingreso, el egreso y la metabolización de los nutrientes del tejido animal. Este equilibrio se conoce como homeostasis, en donde complejos mecanismos metabólicos-hormonales están involucrados. Fallos en los procesos homeostáticos, llevan a la reducción del desempeño zootécnico y dependiendo del grado de desequilibrio, puede causar enfermedades de la producción (González 2000). Estos desequilibrios en la concentración de nutrientes pueden provocar enfermedades subclínicas que son difíciles de percibir y limitan la producción de un modo persistente, provocando una disminución de la producción. Son las denominadas enfermedades de la producción. Varios investigadores han sugerido que la alimentación de bovinos en base a dietas con elevadas proporciones de grano y bajas de forraje estarían asociadas con la incidencia de enfermedades metabólicas como la acidosis ruminal, laminitis (Nocek, 1997) e hígado graso (Ameta *et al.*, 2005), además de otros trastornos como abscesos del hígado (Nagarja y Lechtenberg, 2007) y desplazamiento del abomaso (Andersnen, 2003). Estas enfermedades causan trastornos metabólicos que pueden ser identificados a través de exámenes de sangre a nivel de laboratorio, como hemograma y bioquímica sérica, además de exámenes físicos en los animales. Los cambios ocurridos en los componentes sanguíneos en comparación con los valores normales podrían utilizarse para interpretar el estado metabólico del animal, así como la calidad de la dieta (Babatunde *et al.*, 1992).

Resulta de interés mencionar que la adición de glicerina en elevadas concentraciones, puede causar una disminución en la disponibilidad ruminal de almidón, derivada de la sustitución del maíz por este subproducto. Según Wittwer (2000) la reducción de la ingesta de energía (maíz) actúa inversamente en la concentración de amonio en rumen. Esto ocurre debido a la disminución de la síntesis proteica, elevando la concentración de urea en sangre.

Por otro lado, la creatinina es un metabolito que cumple con los requisitos para ser considerada como un marcador interno ya que se produce a una tasa constante a partir de la fosfocreatina y es distribuida a través del agua corporal, excretándose a una tasa constante con una baja variabilidad durante el día (Orskov y MacLeod, 1982; Harper *et al.*, 1982). Su excreción solo se realiza por vía renal, ya que ésta no es reaprovechada por el organismo. Por lo tanto, los niveles séricos de creatinina reflejan la tasa de filtración renal, de manera que altos niveles indican una deficiencia en la funcionalidad renal (González *et al.*, 2003). La información disponible del efecto que tendría el reemplazo de maíz por glicerol sobre los parámetros sanguíneos en novillos en etapa de terminación es escasa. De esta manera, los resultados del presente experimento serán de gran utilidad para lograr un mejor entendimiento y optimización en el empleo de este subproducto sobre la homeostasis del animal.

### **1.5 Glicerol, implicancias sobre las características carniceras.**

Es deseable lograr una buena conformación y terminación del animal, ya que de estos parámetros depende la relación

carne/hueso. La primera se refiere a un buen desarrollo muscular del animal: cantidad, proporción y distribución del mismo en las distintas regiones corporales tanto en el peso vivo como en la res. El segundo, hace referencia al desarrollo de tejido adiposo o grasa: cantidad, distribución y proporción en las distintas regiones corporales tanto en el peso vivo como en la canal.

Estos parámetros de composición corporal pueden evaluarse mediante ecografías, evitando de este modo el sacrificio del animal. Las características que habitualmente se analizan son el área de ojo de bife (AOB) expresada en  $\text{cm}^2$ , espesor de grasa dorsal (EGD) expresada en mm y grasa intramuscular (GI) expresada en porcentaje. Con las medidas de AOB y EGD obtenemos datos referidos a cantidad de carne y grasa en la canal y con GI se obtiene información referente a la calidad de la misma. Estos parámetros pueden ser medidos mediante la técnica de ultrasonografía permitiendo realizar un seguimiento del crecimiento y desarrollo del animal.

Dentro de los parámetros mencionados, lo deseado o lo buscado en un animal "ideal" es que tenga un mínimo de 6 mm de EGD, con un buen AOB que resultará en un aumento del % de cortes minoristas (cortes de mayor valor). Luego de varios años de investigación en EEUU, se comprobó que cuando el AOB es mayor, ese animal tendrá mayor cantidad de músculo o carne (Piccirillo, 2008). El mínimo de EGD es de 6mm y estaría relacionado con la terneza de la carne. Menor espesor afectan negativamente la terneza.

Por último, la GI o veteado, que los clasificadores subjetivos (visualmente en la res) lo denominan marbling o marmoreo, es la grasa que se encuentra entre las fibras

musculares, y es uno de los atributos más buscado en la carne ya que le otorga sabor y sensación de ternera (Piccrrillo, 2008).

Por su parte Benedeti *et al.*, (2016) no encontraron efectos sobre las características de la canal cuando incluyeron glicerol hasta un 10% en las dietas de toros en terminación. En concordancia, Eiras *et al* (2014) tampoco encontraron efectos en el EGD y AOB cuando adicionaron glicerol hasta en un 18% (base de MS) en las dietas de toros jóvenes terminados en corrales. Sin embargo, Elam *et al*, (2008) observaron una disminución en la deposición de grasa intramuscular en el músculo *longissimus dorsi*. Los efectos de la alimentación con glicerina sobre la deposición de grasa intramuscular, consisten básicamente en una disminución del valor comercial de las canales como resultado de la supresión en la acumulación de esta grasa. Cabe mencionar que, en nuestro país, un animal terminado para faena, que pesa entre 300 y 550 kg, puede presentar niveles de engrasamiento en el rango entre los 5 a 12 mm de EGD. Sin embargo, el EGD no siempre se relaciona positivamente con el peso vivo, sino que también depende del sistema de producción. Esto se refleja en las características de las reses faenadas, ya que se pueden encontrar reses de 172 Kg y 6 mm de EGD provenientes de animales de 300 Kg de peso engordados intensivamente desde terneros, junto con otras de 280 Kg, también con 6 mm de EGD, provenientes de animales de 482 Kg terminados sobre pasturas (Mac Loughlin *et al.*, 2011).

## **2. HIPOTESIS.**



- 1) La inclusión de glicerina como reemplazo parcial de maíz en dietas de novillos en terminación permitiría obtener las mismas ganancias de peso y eficiencia de conversión alimenticia que aquellas dietas sin glicerol.
- 2) La inclusión de glicerina como reemplazo parcial de maíz en dietas de novillos en terminación no perturbaría la homeostasis renal y hepática de los animales.
- 3) La inclusión de glicerina cruda como reemplazo parcial de maíz en dietas de novillos en terminación mantendría estables los parámetros de conformación y terminación de la res.

### **3. OBJETIVOS .**

- 1) Determinar la factibilidad de reemplazar parte del grano de maíz en dieta de novillos por glicerol, principal subproducto de la elaboración de biodiesel.
- 2) Evaluar el efecto de la incorporación de glicerol sobre parámetros productivos (peso vivo, consumo de alimento, GDP y ECA).
- 3) Evaluar el efecto de la inclusión de glicerol sobre la salud del animal a través de la medición de los parámetros hematológicos: creatinina, urea, aspartato aminotransferasa (AST, alanina aminotransferasa (ALT o), fosfatasa alcalina (FAL), gamma glutación transferasa (GGT), proteínas y creatininfosfoquinasa (CPK).
- 4) Evaluar el efecto de la inclusión de glicerol sobre las características carniceras a través de la medición de AOB, EGD, GI e índice de muscularidad (IM).

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **4.1 Sitio experimental.**

El trabajo experimental se realizó en la empresa agrícola-ganadera ARGENTIERRA ubicado en la localidad de Coronel Dorrego, que cuenta con una planta productora de biodiesel. Esta firma, es una empresa de origen familiar, que se dedica a la producción agrícola-ganadera. Los cereales con mayor valor forrajero (maíz, cebada) los utiliza en un gran porcentaje para la alimentación de animales de recría y engorde bajo sistema de feedlot. Mientras que, una proporción de la producción de granos oleaginosos son procesados para la extracción de aceite y obtención de expellers con destino a la alimentación animal. Posteriormente, el aceite producido se transforma en biodiesel, donde se obtiene como residuo, el glicerol.

El establecimiento Argentierra disponía de instalaciones adecuadas para el engorde de animales, tales como corrales provistos de comederos lineales de cemento del ancho del corral y bebederos, corrales de aparte, manga techada equipada con casilla de operaciones hidráulica, balanza electrónica y lector de caravanas. Este último proporcionaba información precisa sobre la identificación de cada animal, el tiempo de permanencia del mismo en el establecimiento y la GDP. La disposición de esta tecnología facilitó la toma de datos y el seguimiento de cada novillo.

### **4.2 Animales**

Sesenta novillos de razas británicas (Hereford, Aberdeen Angus y cruzas) de  $390.,7 \pm 5,9$  kgen etapa de terminación

fueron elegidos al azar, separados en tres grupos de 20 animales cada uno.

Diariamente se realizaban recorridas evaluando, estado de salud y comportamiento de los animales, disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficiente, consumo de alimento mediante lectura visual de los comederos.

Al comienzo de ensayo, los novillos fueron desparasitados con Ivermectina al 1% en una dosis única correspondiente a 1 ml/50 kg de peso vivo.

#### **4.3 Dietas experimentales.**

Los novillos en etapa de terminación fueron sometidos durante 112 días a los siguientes tratamientos: C: dieta control (sin glicerol- sin reemplazo de maíz), G2: dieta con 2,5% de glicerol y G10: dieta con 10% de glicerol en la dieta total. dietase alimentó dos veces al día, a las 08:00 y 17:00 horas. No se realizó una dieta de acostumbamiento previo. La proporción de los ingredientes se observa en la Tabla 1. En el caso que la dieta tuviera glicerol, el mismo era vertido diariamente en forma líquida en el mixer junto con los demás ingredientes y luego de 5 - 8 minutos de mezclado, fue suministrado a los animales. Diariamente se ajustó la cantidad ofrecida de alimento con el fin de asegurar un consumo *ad libitum*.

La composición de las dietas experimentales se observa en la Tabla 1. El contenido de proteína bruta (PB) y de fibra detergente neutra (FDN) se determinó según el procedimiento Kjeldahl (AOAC, 2000) y el sistema de los detergentes (Goering y Van Soest, 1970), respectivamente. El Extracto etéreo se determinó con equipo Goldfish (Guiragossian et al.1977; AOAC, 2000), mientras que la

energía metabolizable (EM) se determinó de manera predictiva a partir del contenido de FDA (Rohweder et al., 1978) mediante ecuación (Mcal EM/kg MS = 3,20 - 0,028 x %FDA).

Tabla 1. Ingredientes y composición química del alimento.

Ingredientes	Tratamientos		
	C	G2	G10
Grano de maíz, %	59,80	57,30	49,80
Ensilaje de Cebada, %	29,00	29,00	29,00
Expeller de soja, %	9,70	9,70	9,70
Núcleo, %	1,50	1,50	1,50
Glicerol, %	0,00	2,50	10,00
PB (%MS)	12,20	12,21	12,22
EM (Mcal/kg)	3,22	3,19	3,34
EE (%)	2,90	2,58	2,31
FDN (%)	40,83	40,07	38,11
FDA (%)	25,41	25,46	25,32

Hemicelulosa (%)	15,42	15,12	14,98
Ca (%)	0,83	0,84	0,82
P (%)	0,32	0,32	0,35

. C: control; G2: inclusión de 2,5% de glicerol y G10: Incorporación de 10% de glicerol en la dieta total.

#### **4.4 Determinaciones.**

##### **4.4.1 Parámetros productivos.**

Se registró el peso vivo de cada animal al inicio (PVI; día 1) y final (PVF; 112 días) del ensayo, utilizando en esta última el PVI como covariable. Con estos datos se determinó la GDP (kg/d) entre los días 1 y 112, como la diferencia en peso en relación a la cantidad de días que duró el ensayo. Además, se registró el consumo de alimento (kgalimento/animal/d) y se calculó la ECA (kg alimento consumido/kg ganancia de peso) entre los días 1 y 112. El consumo de alimento se determinó como la cantidad de alimento suministrado al corral, incluso contemplando las pérdidas atribuibles a la distribución del mismo, en relación a la cantidad de animales encerrados (n=20). Por lo tanto, el valor obtenido de consumo por animal promedio, se reporta sin análisis estadístico por no consumo individual. Solo se reporta con fines orientativos. Con esta información se determinó la Eficiencia de Conversión Alimenticia (ECA) promedio.

##### **4.4.2 Parámetros sanguíneos.**

Al finalizar el experimento (día 112) se extrajeron muestras de sangre de siete animales por tratamiento por

punción de la vena caudal. El suero fue separado por centrifugación (2,300 g x 15' a 4 °C), y almacenado a -20 °C hasta su posterior análisis.

Las concentraciones de AST, ALT, FAL y GGT se determinaron mediante el uso de un espectrofotómetro Génesis 20, con el reactivo comercial Wiener (Transaminasas Colorimétrica).

Para la determinación de urea, creatinina y proteínas totales séricos se utilizó kits comerciales (WIENER LAB; Argentina).

#### **4.4.3 Características carniceras.**

Se determinó el AOB (*longissimus dorsi*), el EGD al inicio (día 1) y al final (día 112) y el porcentaje de GI a los 112 días, a 10 animales de cada tratamiento mediante la captura de imagen con un estudio ultrasonográfico entre las costillas 12 y 13. Las mediciones ecográficas estuvieron a cargo del técnico certificado Ing. Agr. Pedro Forgue empleando un equipo Pie Medichal modelo Falco 100 y el software de captura de imágenes Biosoft Toolbox Pro 5000. Las imágenes tomadas fueron interpretadas para su análisis en el Centro de Interpretación de Imágenes Ecográficas (Unidad Genética Animal, INTA Castelar).

#### **4.5 Diseño Experimental.**

Los datos productivos, sanguíneos y de las características carniceras fueron analizados como un diseño completo al azar mediante ANOVA. La comparación entre valores medios se realizó mediante test de Tukey (Steel and Torrie, 1980) utilizando un nivel de significancia del 5%.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 5.1 Parámetros productivos.

En producción animal resulta esencial llevar a cabo registros precisos y analizarlos con el fin de determinar los posibles efectos de la dieta sobre el crecimiento y la salud animal. El análisis y la interpretación de los datos de producción como el peso vivo, la GDP, el consumo de alimento y la ECA, son claves para interpretar resultados que permitan mejorar el rendimiento del animal.

En el presente experimento, los animales que utilizaron la dieta G10 presentaron mayor ( $p > 0,05$ ) PVF y GDP con respecto a los animales alimentados con G2 y C (Tabla 2). Sin embargo, por apreciación visual, los animales consumiendo la dieta C parecería presentar un menor consumo de alimento que los animales expuestos a las restantes dietas con glicerol.

**Tabla 2.** Parámetros productivos en novillos a los 112 días alimentados con distintas dietas durante la etapa de terminación.

<b>Tratamientos</b>					
<b>VARIABLES</b>	<b>C</b>	<b>G2</b>	<b>G10</b>	<b>EE</b>	<b>=</b>
<b>Peso vivo inicial (Kg)</b>	392,50	390	389,70	5,9 4	NS
<b>Peso vivo final (Kg)</b>	503,74 a	499,67 a	521,20 b	5,0 6	0,01

<b>GDP (kg/d)</b>	1,00	1,00	1,16 b	0,0 5	0,00 01
<b>Consumo alimento (kg/novillo/d)</b>	6,80	8,40	8,40	--	---
<b>ECA (kg alimento consumido / kg GP)</b>	6,80	8,40	7,24	--	---

C: control, G2: dieta con 2,5% glicerol, G10: dieta con 10 % de glicerol. GDP: ganancia diaria de peso, ECA: eficiencia de conversión alimenticia. EE: error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). NS: no significativo.

En lo que se refiere a la dieta G10, los resultados del presente trabajo coinciden con lo observado por Henao (2013), quien detectó mayor PVF en vaquillonas en etapa de terminación alimentadas con dietas que contenían 8 % de glicerol. En contrapartida, Parsons *et al.*, (2009) que no observaron diferencias en el PVF, ni en la GDP al alimentar vaquillonas en terminación utilizando cantidades crecientes de glicerol de hasta un 16%. En concordancia, Mach *et al.*, (2009) tampoco obtuvieron diferencias en dichas variables alimentando toros jóvenes en terminación con la inclusión de hasta un 12% de este subproducto. Los resultados reportados en la literatura son variables, lo cual podría deberse a las diferentes condiciones de los experimentos, principalmente a los niveles de inclusión, el grado de pureza del glicerol y los diferentes tipos de ingredientes de la dieta.

Las diferencias en cuanto a PVF y GDP entre G10 y los restantes tratamientos del podrían estar fundamentadas en el mayor contenido de glicerol en esta dieta. Se considera que el glicerol posee propiedades gluconeogénicas (Cori y Shine, 1935), pudiendo entrar en el metabolismo de la glucosa por vías diferentes (Wang *et*



al, 2009). Por su parte Kristensen y Raun (2007) sostienen que el glicerol consumido en la dieta es fermentado en el rumen a propionato y butirato. Sin embargo, cuando se administran volúmenes mayores en forma de bolo, parte del glicerol podría absorberse directamente a través del epitelio del rumen. En concordancia Galvani (2008) afirmó que un exceso de glicerol, puede ser absorbido tanto por la mucosa ruminal, como por la intestinal proporcionando una fuente gluconeogénica directa, al igual que lo ocurrido con el glicerol endógeno producto de la lipólisis de las grasas de depósito.

Principalmente, la glucosa se forma en hígado a partir del ácido propiónico adquiriendo este sustrato gran importancia en la nutrición de los rumiantes, ya que deben sintetizar la mayor parte de la glucosa que requieren (Relling y Mattioli, 2003). Por lo tanto, la fermentación ruminal hacia la formación de ácido propiónico resulta ventajosa. Chung (2007) indica que este subproducto es un sustrato glucogénico, ya que a nivel ruminal proporciona ácido propiónico el cual es transformado a glucosa en hígado, con el objetivo final de proporcionar energía al metabolismo celular. Una mayor absorción de propionato a nivel ruminal aumentará la síntesis de glucosa en el hígado, dejando de este modo aminoácidos disponibles para crecimiento muscular al no ser utilizados en la síntesis de glucosa (Gagliostro y Gaggiotti 2002). Por otra parte, el aumento en la proporción molar de ácido propiónico en el rumen generalmente se traduce en ganancia de peso (Judson et al., 1968 y Clanton et al., 1966). La mayor participación de este subproducto en la dieta G10, traería aparejado un incremento en la síntesis de glucosa debido a

la mayor fermentación en rumen de ácido propiónico. La mayor disponibilidad de este monosacárido aportaría mayores reservas de glucógeno en músculo fomentando su crecimiento. Por otro lado, se esperaría una mayor deposición de tejido adiposo por parte de los triacilglicéridos sintetizados a partir del glicerol. El mayor PVF y GDP observada en la dieta G10 podrían ser consecuencia del aumento del tejido muscular y la deposición de grasa.

En el presente experimento, la menor dosis (2,5%) de glicerol en la dieta G2 podría haber sido insuficiente para expresar diferencias en la GDP y el PVF con respecto a la dieta C.

Por otro lado, el consumo de alimento parecería aumentar en los tratamientos que contenían glicerol con respecto a C. Estas observaciones concuerdan con los resultados obtenidos por Mach *et al.*, (2009), quienes observaron un aumento en el consumo de alimento utilizando dosis de 8% en la dieta. Por su parte Parsons *et al.*, (2009) no obtuvieron diferencias en consumo de alimento, ni en GDP. En concordancia, Schroder *et al.* (1999), tampoco registraron aumentos en el consumo con la inclusión de 10% de glicerol en la dieta. El mayor consumo de alimento en dietas que contenían 10% de glicerol podría ser debido al sabor dulce de este subproducto (Galvani, 2008).

En lo que respecta a los niveles de ECA, los valores observados en todos los tratamientos se encuentran dentro del rango reportado como normales (valores entre 6 y 9 kg de alimento/kg de aumento de peso) para planteos comerciales de engordes a corral (Pordomingo, 2013). Ghitis (2012) reportó mejoras en la ECA, sin cambios en

las ganancias de peso, cuando reemplazó maíz por glicerol en la dieta en niveles del 10

## **5.2 Parámetros sanguíneos.**

La evaluación del equilibrio en los parámetros sanguíneos (homeostasis) permite conocer el estado fisiológico del animal e inferir los efectos bioquímicos de la suplementación en estudio (Rajput *et al.*, 2013).

En el presente experimento, no se observaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los diferentes tratamientos evaluados, excepto para los niveles de creatinina. Las dietas que contenían glicerol presentaron menor valor ( $P = 0,04$ ) de este metabolito respecto al control (Tabla 3). En concordancia, Maciel *et al.*, (2016) observaron una leve disminución de este metabolito con respecto al control, al suministrar glicerina a novillos en engorde a feedlot. Sin embargo, cabe destacar que los niveles de creatinina observados en el presente experimento se encuentran dentro del rango (entre 1 a 2 mg/dL) sugerido como normal por Kaneko *et al.* (2008). En base a esto último, se podría inferir que la adición de glicerina no interfirió negativamente sobre la funcionalidad renal.

**Tabla 3.** Parámetros sanguíneos en novillos a los 112 días alimentados con distintas dietas durante la etapa de terminación.

<b>Tratamientos</b>					
<b>Variables</b>	<b>C</b>	<b>G2</b>	<b>G10</b>	<b>EE</b>	<b>P=</b>
<b>Creatinina (mg/dl)</b>	2,04 a	1,81 b	1,80 b	0,07	0,04
<b>Urea (g/l)</b>	0,51	0,41	0,45	0,04	NS
<b>AST (u/l)</b>	119,71	98,85	105,42	14,4	NS
<b>ALT (U/L)</b>	43,57	37	39	4,25	NS
<b>FAL (U/L)</b>	338,28	486,36	437,14	86,26	NS
<b>GGT (U/L)</b>	21,14	21,28	30,14	4,57	NS
<b>PROTEÍNAS (g/dl)</b>	7,6	8,02	8	0,44	NS
<b>CPK</b>	347,33	429	406,66	98,55	NS

C: control, G2: dieta con 2,5% glicerol, G10: dieta con 10 % de glicerol. ALT: alanina aminotransferasa, AST: aspartato aminotransferasa, FAL: fosfatasa alcalina, GGT: gamma glutation transpeptidasa, CPK: Creatininfosfoquinasa. EE: error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). NS: no significativo.

La ausencia de diferencias en la concentración de proteína y urea del presente experimento coinciden con lo observado por Maciel *et al.*, (2016). En concordancia Fávoro *et al.*, (2015) tampoco detectaron diferencias en la concentración de urea al alimentar novillos con dosis desde 50g hasta 200g glicerol/kg MS.

Van Cleef *et al.*, (2012) no encontró diferencias en la concentración de enzimas hepáticas al adicionar 30% de glicerol en la dieta de terneros Nelore. Estos resultados concuerdan con los del presente experimento. Los valores dentro de los rangos sugeridos como normales de creatinina, sumado a la ausencia de diferencias entre

tratamientos, de los distintos metabolitos medidos, indicaría que no se ha afectado la homeostasis renal y hepática. Esta situación de equilibrio en el metabolismo de los animales demuestra la factibilidad del empleo de glicerol, en las dosis utilizadas en el presente trabajo. Cabe destacar que desequilibrios entre estos parámetros traen aparejadas patologías y menores respuestas productivas por parte de los animales, que tienen como consecuencia menores resultados económicos en el negocio del engorde a corral.

### 5.3 Características carniceras.

La composición de las canales y la carne son importantes para la aceptación y la salud del consumidor y para los procesadores de carne, debido a los aspectos económicos asociados con el cumplimiento de los requisitos específicos del mercado, donde se debe maximizar el rendimiento de la carne vendible y minimizar el desperdicio debido a la grasa excesiva y al contenido óseo (Nacimiento, 2019).

En el presente trabajo no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en ninguno de los parámetros analizados de las características carniceras, AOB, EGD, GI e IM entre los diferentes tratamientos (Tabla4).

**Tabla 4.** Parámetros de las características carniceras en novillos a los 112 días alimentados con distintas dietas durante la etapa de terminación.

<b>Tratamientos</b>					
<b>VARIABLES</b>	<b>C</b>	<b>G2</b>	<b>G10</b>	<b>EE</b>	<b>P=</b>
<b>AOB inicial (cm<sup>2</sup>)</b>	59,56	59,83	58,23	1,68	NS

<b>AOB final (cm<sup>2</sup>)</b>	72,16	73,79	74,32	1,56	NS
<b>ΔAOB (cm<sup>2</sup>/d)</b>	0,11	0,12	0,15	0,01	NS
<b>EGD inicial (mm)</b>	6,04	6,04	5,13	0,48	NS
<b>EGD final (mm)</b>	11,36	11,2	10,61	0,76	NS
<b>ΔEGD (mm/d)</b>	0,05	0,04	0,05	0,005	NS
<b>GI %</b>	3,92	3,98	3,85	0,16	NS
<b>IM (cm<sup>2</sup>/g)g<sup>-1</sup>)</b>	14,51	14,71	14,47	0,38	NS

C: control, G2: dieta con 2,5% glicerol, G10: dieta con 10 % de glicerol. AOB: área de ojo de bife, EGD: espesor de grasa dorsal, GI: grasa intramuscular, IM: índice de muscularidad. EE: error estándar. NS: no significativo.

La ausencia de diferencias significativas en la variable AOB coinciden con lo observado por Parsons *et al.*, (2009) quienes no encontraron diferencias al adicionar glicerol en dosis de hasta 16% en la dieta de vaquillonas en terminación. En concordancia Mach *et al.*, (2009) tampoco hallaron diferencias al incluir hasta un 12% de este subproducto en la dieta de toros jóvenes bajo sistema feed-lot. En contrapartida Françoze *et al.*, (2013) observaron una mayor AOB con el agregado de 5% de glicerol en la dieta de terneros Nelore. Además, Eiras *et al.* (2014) no encontraron efectos sobre el EGD y el AOB cuando adicionaron glicerol en un 18% en dietas de toros jóvenes en terminación. Por otro lado, Elam *et al.* (2008) observaron una disminución en la deposición de GI en novillas alimentadas con 15% de glicerina cruda, pero la ECA se mantuvo sin cambios.

Cabe destacar que en nuestro país se considera que un bovino tiene un óptimo grado de gordura, compatible con una buena calidad de terminación, cuando la grasa disecable ó tejido adiposo en res, incluyendo la pélvica,

riñonada y capadura. Este valor oscila entre el 19 y 22 % (6,0 a 7,5 mm EGD para razas británicas) dependiendo de los requerimientos del mercado donde se remite. Cuanto mayor sea el % de tejido adiposo en res que se desea lograr, mayor serán los kilogramos que deba ganar el animal, así como los días de alimentación y el peso vivo final. En el caso de terneros de frame medio, con productividades superiores a 1,0 kg/día, por cada unidad porcentual de incremento en la grasa en res se requieren entre 13 y 14 kg de peso vivo de ganancia (Laughuin 2012). La ausencia de diferencias en los parámetros de las características carniceras entre los diferentes tratamientos del presente experimento, podrían sugerir que la inclusión de glicerol, en las dosis empleadas, no modificaron dichas características.

## **6. CONCLUSIÓN.**

Los resultados del presente experimento permitirían concluir que:

- Es factible el reemplazo de glicerol por maíz en novillos en terminación en dosis de hasta el 10%, sin comprometer los parámetros productivos, las características carniceras, ni la homeostasis de los animales .
- En el contexto de la empresa Argentierra, el reemplazo de maíz por glicerol en la dosis del 10% representa una alternativa rentable a la vez que sustentable.
- Conforme a los resultados observados, se sugiere continuar con estudios que aporten información sobre la utilización de diferentes dosis a las utilizadas en el presente experimento. Por otro lado, existe una evidente necesidad de continuar con estudios más detallados que involucren un seguimiento final a nivel del frigorífico que involucre el análisis de rendimiento de la res.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C., 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. (17th edition).
- Barros A. C. B., Neiva J. N. M., Restle J., Missio R. L., Miotto F. R. C., Elejalde D. A. G. and Maciel R. P. 2017. Production responses in young bulls fed glycerin as a replacement for concentrates in feedlot diets. *Anim. Prod. Sci.*
- Benítez Henao, S. (2014). Productividad animal de bovinos estabulados suplementados con glicerina cruda. *Departamento de Producción Animal.*
- Castello Branco Van Cleef H., Bertocco Ezequiel J.M., Veyda Silva D.A., D'Aurea P., De Oliveira Scarpino Van Cleef F., Patiño Pardo R.M. 2014. Glicerina cruda en la dieta de bovinos: efecto sobre los parámetros bioquímicos séricos. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.* 6(1):86-102.
- Chanjula P., Raungprim T., Yimmongkol S., Poonko S., Majarune S and Maitreejet W. 2016. Effects of Elevated Crude Glycerin Concentrations on Feedlot Performance and Carcass Characteristics in Finishing Steers. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 29 (1): 80-88.
- Chung YH., Rico DE., Martinez CM., Cassidy TW., Noirot V., Ames A. and Varga GA. 2007. Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on

lactational performance and metabolic profiles. *J of Dairy Sci.* 90(12):5682-5691.

- De Frain J.M., Hippen A.R., Kalscheur K. F. and Jardon P. W. 2004. Feeding Glycerol to Transition Dairy Cows: Effects on Blood Metabolites and Lactation Performance en *J. of Dairy Sci.* 87(12):4195-4206.

- Del Bianco Benedeti, P., Paulino, P. V. R., Marcondes, M. I., Maciel, I. F. S., da Silva, M. C., & Faciola, A. P. (2016). Partial replacement of ground corn with glycerol in beef cattle diets: intake, digestibility, performance, and carcass characteristics. *PLoS One*, 11(1), e0148224.

- Eiras, CE, de Araújo Marques, J., do Prado, RM, Valero, MV, Bonafé, EG, Zawadzki, F., ... y do Prado, IN (2014). Niveles de glicerina en las dietas de toros cruzados terminados en corrales de engorde: características de la canal y calidad de la carne. *Meat Science* , 96 (2), 930-936.

- Elam , N.A; Eng , K.S.; Bechtel, B.; Harris, J.M.; Crocker, R. / Glycerol from Biodiesel Production: Considerations for feedlot diets.

- Françoço, M. C., Prado, I. N. D., Cecato, U., Valero, M. V., Zawadzki, F., Ribeiro, O. L., & Visentainer, J. V. (2013). Growth performance, carcass characteristics and meat quality of finishing bulls fed crude glycerin-supplemented diets. *Brazilian archives of biology and technology*, 56(2), 327-336.

- Fávaro VR., Ezequiel JMB., D'Aurea AP., Van Cleef EHCB., Sancanari JBD., Santos VC. and Junior ACH. 2015. Glycerin in cattle feed: intake, digestibility, and ruminal and blood parameters. *Semina Ciências Agrárias* 36: 1495-1506.

- Gagliostro, G. A., & Gaggiotti, M. (2002). Evaluación de alimentos para rumiantes e implicancias productivas. *Disponible:*.
- Galvani, F. (2008). Alimentación de bovinos con subproductos de la industria del biodiesel. *Sitio argentino de producción animal*, 1-28.
- Ghitis, R. O. El Glicerol en la alimentación de ganado.
- Goering, H.K. & VAN SOEST, P.J, 1970. Forage fiber analysis (apparatus, Regents, procedures and some applications). Agriculture Handbook 379. p:1-20. ARS-USDA, Washington, D.C. USA.
- Guiragossian, V.Y., Van Scoyoc, S.W., Axtell, J.D., 1977. Chemical and Biological Methods for Grain and Forage Sorghum. Dept. of Agronomy, Agric. Exp. Sta., Purdue Univ., West Lafayette, IN. pp 145.
- Henao. 2013. Productividad animal de bovinos estabulados suplementados con glicerina cruda. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias.
- KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.C. 2008. Clinical biochemistry of domestic animals. 6.ed. pp.1-928. San Diego: Academic Press.
- LAGE, J.F.; PAULINO, P.V.R.; PEREIRA, L.G.R.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, A.S.; DETMANN, E.; SOUZA, N.K.P.; LIMA, J.C.M. 2010. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 45(9):1012-1020.
- Loughlin, R. (2016). Peso vivo de terminación en engordes intensivos de bovinos.

- Mach N., Bach A. and Devant M. 2009. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *J. of Anim. Sci.* 87: 632-638.
- Maciel, R. P., Neiva, J. N. M., Restle, J., Miotto, F. R. C., Sousa, L. F., Cunha, O. F. R., ... & Parente, R. R. P. (2016). Performance and carcass characteristics of dairy steers fed diets containing crude glycerin. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(11), 677-685.
- Mac Loughlin R. J. Garriz C. A. (2011) ESPESOR DE GRASA DORSAL COMO PREDICTOR DE LA COMPOSICIÓN DE LA RES EN BOVINOS - Investigación y Desarrollo Agropecuario, Argentina. Tecnología de Carnes ex I.N.T.A. Castelar. Bs. As. Argentina.
- Martínez Ramos, C. G. (2019). Efecto de la suplementación con glicerol y torta de palmiste en la ceba de novillos en el Piedemonte Llanero.
- Miller, T. L., & Wolin, M. J. (2001). Inhibition of growth of methane-producing bacteria of the ruminant forestomach by hydroxymethylglutaryl~ SCoA reductase inhibitors. *Journal of Dairy Science*, 84(6), 1445-1448.
- Mostafa S.A., Khattab. 2015. Glycerol as Feedstuff for Ruminant. *Sci. Int.* 3 (3): 90-94.
- NACIMIENTO, D. C. (2019). *FACULTAD DE AGRONOMÍA* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA).
- Noro, M., Cid, P., Wagemann, C., Arnés, V., & Wittwer, F. (2013). Valoración diagnóstica de enzimas hepáticas en perfiles bioquímicos sanguíneos de vacas lecheras. *Revista MVZ Córdoba*, 3474-3479.

- Noro, M., & Wittwer, F. (2012). Interrelaciones entre ureagénesis y gluconeogénesis hepática en rumiantes alimentados con elevado contenido de nitrógeno. *Veterinaria México*, 43(2), 143-154.
- Parsons, GL, Shelor, MK y Drouillard, JS (2009). Rendimiento y rasgos de la carcasa de las vaquillas de acabado alimentadas con glicerina cruda. *Revista de ciencia animal* , 87 (2), 653-657,
- Piccirillo, D. A. (2008). Ultrasonido para calidad de carnes. *Rev. Brangus, Bs. As*, 30(57), 82-84.
- Pordomingo, A. J. (2005). *Feedlot: Alimentación, diseño y manejo*. INTA-EEA Anguil.
- Puerta, L. E., Vergara, D. M. B., & García, D. E. (2010). Uso de la Excreción de Creatinina como Método Alternativo a la Colecta Total de Orina en Vacas Holstein. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 63(2), 5567-5576.
- Pyatt, NA, Doane, PH y Cecava, MJ (enero de 2007). Efecto de la glicerina cruda en el acabado de las dietas de ganado. En *JOURNAL OF DAIRY SCIENCE* (Vol. 90, pp. 412-412). 1111 N DUNLAP AVE, SABOYA, IL 61874 ESTADOS UNIDOS: AMER DAIRY SCIENCE ASSOC.
- Ramírez, I. E. M., Vela, N. A. C., & Rincón, J. J. (2012). Biodiesel, un combustible renovable. *Investigación y ciencia*, 20(55), 62-70.
- Ramos M. H. and Kerley M. S.. 2015. Effect of dietary crude glycerol level on ruminal fermentation in continuous culture and growth performance of beef calves. *J. Anim. Sci.* 90 (3): 892-899.
- Rajput I.R., Li Y.L., Xu X., Huang Y., Zhi W.C., Yu D.Y., Li W. (2013). Supplementary effects of *Saccharomyces*

boulardii and Bacillus subtilis B10 on digestive enzyme activities, antioxidation capacity and blood homeostasis in broiler. *International Journal of Agriculture & Biology* Vol. 15: 231 - 237.

- Relling, A. E., & Mattioli, G. A. (2003). Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. *Argentina: UNLP Editorial Edulp*, 23-55.

- Rohweder, D. A.; Barnes, R. F.; Jorgensen, N. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *J. Anim. Sci.* 47:747-759.

- Schröder, A. y Südekum, KH (1999, septiembre). Glicerol como subproducto de la producción de biodiesel en dietas para rumiantes. En *Actas del 10º Congreso Internacional de Colza* (pp. 26-29).

- Silva, D. A. V., Ezequiel, J. M. B., Paschoaloto, J. R., & Almeida, M. T. C. (2013). ROUGHAGES AND CRUDE GLYCERIN ON BEEFCATTLE DIETS: EFFECT ON THE HEMOGRAM AND SERIC BIOCHEMISTRY/VOLUMOSOS E GLICERINA BRUTA NA DIETA DE BOVINOS DE CORTE: EFEITO SOBRE O HEMOGRAMA E BIOQUÍMICA SÉRICA. *Ars Veterinaria*, 29(3), 183-189.

- VAN CLEEF, E. H. C. B., EZEQUIEL, J. M. B., DA SILVA, D. A. V., D'AUREA, P. A. S. T. O. R. I., VAN CLEEF FLAVIA, D. O. S., & PARDO, R. M. P. (2014). Glicerina cruda en la dieta de bovinos: efecto sobre los parámetros bioquímicos séricos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 86-102.

- Van Cleef, E. H. C. B. (2012). Glicerina bruta em dietas para bovinos da raça Nelore confinados.

.