

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DE NIVELES INCREMENTALES DE GLICEROL CRUDO EN LA DIETA  
SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN VACAS HOLANDO

por

Alejandro María PITTALUGA ROSSI  
Juan Pablo REGUSCI BONILLA  
Miguel VIANA BORDABERRY

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2012

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. PhD. Pablo Chilibroste

-----  
Ing. Agr. MSc. María de los Ángeles Bruni

-----  
Ing. Agr. Juan Pablo Marchelli

Fecha: 27 de diciembre de 2012

Autor:

-----  
Alejandro Pittaluga Rossi

-----  
Juan Pablo Regusci Bonilla

-----  
Miguel Viana Bordaberry

## AGRADECIMIENTOS

Al profesor Pablo Chilbroste por acompañarnos y orientarnos para lograr cumplir nuestra meta.

A Juan Pablo Marchelli por asesorarnos y ayudarnos permanentemente en lo que respecta a la elaboración del presente trabajo, incluyendo las labores prácticas realizadas.

A los trabajadores del tambo y peones de la Estación Experimental Mario Alberto Cassinoni.

A familiares y amigos por apoyarnos todos estos años.

A la facultad de agronomía por formarnos y capacitarnos como futuros profesionales.

## 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 <u>PRODUCCIÓN DE LECHE Y SUS COMPONENTES</u> .....	3
2.1.1 <u>Lactogénesis y galactopoyesis</u> .....	3
2.1.1.1 <u>Influencia del número de lactancias sobre la producción de leche</u> .....	4
2.1.1.2 <u>Influencia del estado corporal al parto sobre la producción de leche</u> .....	5
2.1.2 <u>Metabolismo energético</u> .....	5
2.1.3 <u>Composición de la leche</u> .....	6
2.2 <u>SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA</u> .....	8
2.2.1 <u>Influencia de la suplementación energética en la producción y composición de la leche</u> .....	8
2.2.2 <u>Influencia de la suplementación energética sobre el pastoreo</u> .....	9
2.3 <u>GLICEROL</u> .....	10
2.3.1 <u>Características del glicerol</u> .....	10
2.3.2 <u>Efectos sobre los productos finales de la fermentación</u> .....	11
2.3.3 <u>Efectos sobre la población microbiana</u> .....	13
2.3.4 <u>Efectos sobre la digestibilidad</u> .....	13
2.3.5 <u>Suplementación con glicerol</u> .....	14
2.3.5.1 <u>Antecedentes de la suplementación</u> .....	14
2.4 <u>SÍNTESIS</u> .....	18
2.5 <u>HIPÓTESIS</u> .....	19
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	20
3.1 <u>LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL</u> .....	20
3.2 <u>ANIMALES</u> .....	20
3.3 <u>TRATAMIENTOS</u> .....	20
3.4 <u>MANEJO</u> .....	21
3.5 <u>ALIMENTOS</u> .....	21
3.5.1 <u>Dieta base</u> .....	21
3.5.2 <u>Pasturas</u> .....	21
3.5.3 <u>Suplemento totalmente mezclado</u> .....	22
3.6 <u>DETERMINACIONES</u> .....	22
3.6.1 <u>En los animales</u> .....	22
3.6.1.1 <u>Producción y composición de leche</u> .....	22

3.6.1.2	Peso vivo.....	22
3.6.1.3	Condición corporal.....	22
3.6.2	<u>En la pastura</u> .....	23
3.6.2.1	Disponibilidad.....	23
3.6.2.2	Composición química .....	23
3.6.3	<u>En los alimentos</u> .....	24
3.6.3.1	Glicerol .....	24
3.6.3.2	Henilaje de pastura y concentrado .....	24
3.7	<u>DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u> .....	25
3.7.1	<u>Producción y composición de leche</u> .....	25
3.7.2	<u>Estado corporal y peso vivo</u> .....	26
3.8	<u>CÁLCULOS</u> .....	26
3.8.1	<u>Leche corregida por grasa</u> .....	26
3.8.2	<u>Producción calórica de leche</u> .....	26
4.	<u>RESULTADOS</u> .....	27
4.1	<u>CONDICIONES CLIMÁTICAS</u> .....	27
4.2	<u>CARACTERÍSTICAS DE LOS ALIMENTOS</u> .....	27
4.2.1	<u>Composición química del glicerol</u> .....	27
4.2.2	<u>Composición química de la dieta</u> .....	28
4.3	<u>PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE</u> .....	28
4.3.1	<u>Producción de leche</u> .....	28
4.3.1.1	<u>Leche corregida por grasa</u> .....	29
4.3.2	<u>Composición de la leche</u> .....	30
4.3.2.1	<u>Porcentaje de grasa en leche</u> .....	30
4.3.2.2	<u>Porcentaje de proteína en leche</u> .....	30
4.3.2.3	<u>Porcentaje de lactosa en leche</u> .....	31
4.3.2.4	<u>Urea en leche</u> .....	31
4.3.3	<u>Producción calórica en leche</u> .....	31
4.4	<u>CONDICIÓN CORPORAL</u> .....	32
4.5	<u>PESO VIVO</u> .....	33
5.	<u>DISCUSIÓN</u> .....	34
6.	<u>CONCLUSIONES</u> .....	39
7.	<u>RESUMEN</u> .....	40
8.	<u>SUMMARY</u> .....	41
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	42
10.	<u>ANEXOS</u> .....	48

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Composición del glicerol, en función de la pureza .....	11
2. Descripción de los tratamientos .....	20
3. Composición química del glicerol .....	27
4. Composición química de la dieta .....	28
5. Producción de leche promedio por tratamiento .....	28
6. Leche corregida por grasa .....	29
7. Porcentaje de grasa en leche según tratamiento .....	30
8. Porcentaje de proteína en leche según tratamiento .....	30
9. Porcentaje de lactosa en leche según tratamiento .....	31
10. Urea en leche según tratamiento .....	31
11. Producción calórica en leche.....	31
12. Condición corporal promedio por tratamiento.....	32
13. Peso vivo promedio por tratamiento .....	33
14. Balance energético promedio.....	36
Figura No.	
1. Fases del ciclo de lactancia .....	4
2. Variación de los componentes de la leche según semana de lactancia .....	7
3. Condiciones de temperatura y precipitaciones en las distintas semanas del experimento.....	27
4. Evolución de la producción de leche por tratamiento según semana de lactancia.....	29
5. Condición corporal según semana de experimentación .....	32
6. Peso vivo según semana de experimentación .....	33
7. Consumo de forraje promedio.....	37
8. Consumo de forraje promedio a igual peso vivo .....	38

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo expuesto por Galvani (s.f.) gran parte de los productos agrícolas son utilizados para la elaboración de biocombustibles, los cuales constituyen una fuente de energía proveniente de recursos renovables (productos agrícolas en su mayoría), y en donde los dos más importantes son el etanol y el biodiesel.

La industria de elaboración de biocombustibles, hace ya un tiempo que está en crecimiento, y según lo señala Gallardo (s.f.) dicho crecimiento seguirá en aumento ya que en la actualidad los mercados internacionales exigen cada vez más que productos agrícolas como el maíz y la soja principalmente sean destinados para la producción de biocombustibles. Más específicamente el USDA (United States Department of Agriculture) proyecta un incremento de los galones de biodiesel producidos de casi 10 veces en los próximos 9 años a nivel mundial.

Debido a que a partir del proceso de elaboración del biodiesel se obtiene como subproducto el glicerol (Galvani, s.f.), el crecimiento esperado en la producción de biodiesel a nivel mundial generaría como consecuencia un aumento en la producción de dicho subproducto, el cual quedaría disponible para las aplicaciones tradicionales (Chung et al., 2007).

Actualmente en Uruguay, empresas agroindustriales como ALUR y Biogran son las de mayor importancia en lo que respecta a la producción de glicerina a partir de la elaboración de biocombustibles. Dicha producción excede las 2000 toneladas de glicerina cruda por año, la cual está constituida en un 80% por glicerol. Por su alto valor energético, la glicerina se comercializa como combustible para la quema en hornos, pero además de éste existen otros destinos de comercialización como la producción de biogás y plásticos, la formulación de alimentos y medicamentos, y más recientemente se ha desarrollado la exportación a Alemania.

Sumado a lo expuesto con anterioridad, Gallardo (s.f.) también remarca la necesidad de los mercados de que se profundice en el destino del maíz para el consumo humano, mientras que por otro lado el maíz ha sido el concentrado energético por excelencia utilizado en la producción animal, principalmente en la lechería, así como también en la avicultura, la producción de cerdos, y la producción de carne.

En este contexto, en donde se espera un incremento tanto en la producción de glicerol como en la necesidad de un concentrado energético sustituto para la producción ganadera en general y para la lechera en particular, se visualiza un panorama en el que sería factible la introducción del glicerol en las dietas de animales productivos en los sistemas lecheros y ganaderos (Chung et al., 2007).

En relación a esto, evaluaciones recientes (2005-2006) sugieren que de hecho el glicerol puede ser utilizado en las dietas de vacas en lactancia, como un ingrediente que

puede reemplazar al grano de maíz hasta un nivel de 15% de la MS total consumida, sin efectos negativos en el desempeño animal (Gallardo, s.f.). Esto resalta la importancia del posible uso del glicerol como sustituto del maíz en la producción lechera.

No obstante, la información acerca del uso del glicerol como fuente de energía para la producción lechera es limitada, por lo que se continúa experimentado en la utilización del mismo.

El objetivo general del presente trabajo consistió en estudiar el efecto en la inclusión de diferentes niveles de glicerol crudo en la dieta, en producción y composición de la leche de vacas holando primíparas y multíparas en lactancia temprana.

En lo que respecta a los objetivos específicos, los mismos fueron los de evaluar el efecto de niveles crecientes de suplementación con glicerol crudo sobre: 1) el comportamiento productivo de vacas primíparas y multíparas a inicios de lactancia pastoreando pasturas sembradas; 2) la evolución de la condición corporal y el peso vivo.



## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. PRODUCCION DE LECHE Y SUS COMPONENTES

#### 2.1.1. Lactogénesis y galactopoyesis

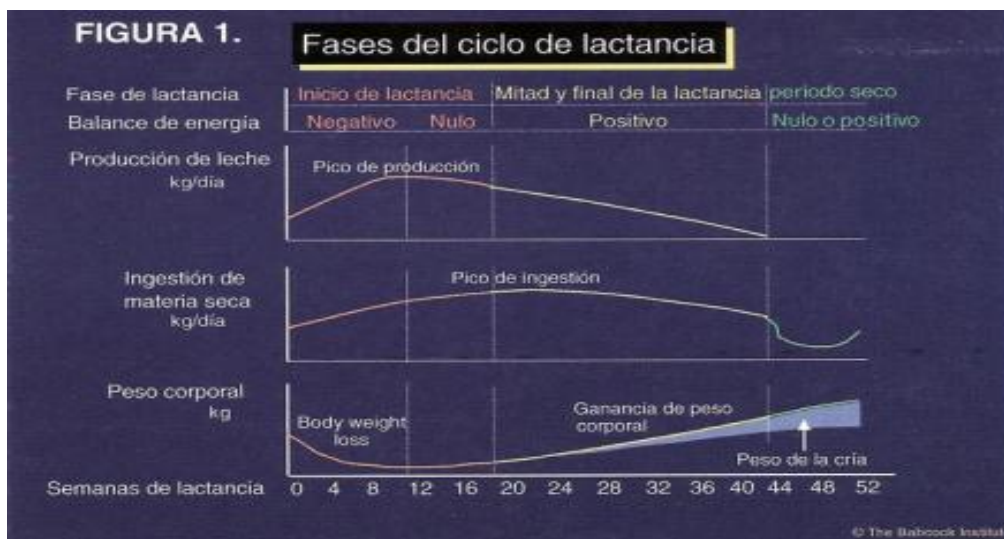
La lactogénesis es un proceso de diferenciación por el cual las células alveolares mamarias adquieren la capacidad de secretar leche (Regueiro, 2011). Según Kertz (2007), dicho proceso comienza en el último tercio de la gestación y puede extenderse hasta 240 días posparto aproximadamente.

El alvéolo mamario es la unidad funcional de producción en la que una sola capa de células secretoras de leche se encuentran agrupadas en una esfera con una depresión en el centro. Los capilares sanguíneos y las células mioepiteliales rodean al alvéolo, y la leche secretada se encuentra en la cavidad interna (lumen). Las funciones del alvéolo son las de remover los nutrientes de la sangre, transformar estos nutrientes en leche y descargar la misma dentro del lumen (Estructura de...s.f.).

Los componentes de la leche que se sintetizan en la glándula mamaria son: la lactosa en su totalidad, la mayoría de la proteína, y aproximadamente el 50% de la grasa. El resto de la grasa y algunas proteínas son extraídos directamente de la sangre UDELAR (URUGUAY). FA (2011).

Estudios realizados por Kertz (2007) muestran que el proceso de lactación tiene dos fases bien definidas, en las cuales en la primera de ellas la producción de leche se hace máxima y supera el nivel de ingestión lo que deriva en una pérdida de peso del animal, mientras que en la segunda fase la ingestión se hace máxima y la producción de leche declina, generando un incremento de peso.

Figura No. 1: Fases del ciclo de lactancia



Fuente: Kertz (2007)

La galactopoyesis es el proceso de mantenimiento de la producción de leche, el cual es llevado a cabo por determinadas hormonas como la hormona de crecimiento, la prolactina, y la insulina entre otras. En dicho proceso ocurre una dinámica celular que explica gran parte de la persistencia de la producción de leche, dentro de la cual según Glauber (2007), en lactancia temprana el número de células secretoras de leche es alto aunque la producción de leche por célula disminuye. Posteriormente, a partir del pico de lactancia la producción de leche por célula aumenta y tiende a mantenerse constante durante la lactación. El aumento en producción ocurrido previo al pico podría deberse a una continua diferenciación celular más que al alto número de células.

Glauber (2007) también señala que luego del pico de producción, la caída de la misma se deba probablemente a una reducción en el número de células generada por el proceso de apoptosis más que a una reducción en la secreción de leche por célula.

#### 2.1.1.1. Influencia del número de lactancias sobre la producción de leche

Experimentos realizados por Kertz (2007) sugieren que la producción de leche en vacas de dos o más lactancias en comparación con vaquillonas de primera lactancia, tuvieron un pico de producción más alto, y que además el mismo fue alcanzado con anterioridad en el tiempo y que su posterior decrecimiento ocurrió con mayor velocidad.

Esto determina que en general las multíparas presentan una mayor producción de leche que las primíparas.

### 2.1.1.2. Influencia del estado corporal al parto sobre la producción de leche

En vaquillonas, la relación entre condición corporal al parto y producción diaria de leche es lineal, en la que si se considera un rango comprendido desde 2 a 3,75 puntos de condición corporal, cuando mayor es la misma mayor será la producción de leche, coincidiendo el mayor puntaje de condición corporal y la máxima producción de leche. Por otro lado, tomando en cuenta el mismo rango de condición corporal, vacas adultas presentan una relación exponencial con crecimientos decrecientes, en la cual la mayor producción de leche no coincide con el mayor puntaje de condición corporal, a diferencia de las vaquillonas.

En relación a esto, según Bargo y Grigera (2005), vacas que paren con un estado corporal inferior al óptimo, producen menos leche por carecer de las reservas energéticas necesarias para sostener altas producciones.

### 2.1.2. Metabolismo energético

Quintero et al. (2011) observaron que la mayoría de los carbohidratos presentes en la dieta, es decir tanto los estructurales como los no estructurales, a través de la fermentación ruminal serán convertidos a ácidos grasos volátiles, ya sean lipogénicos (acetato y butirato) o glucogénicos (propionato). Luego de generados dichos ácidos grasos volátiles, el propiónico en su gran mayoría será transformado en glucosa en el hígado a través del proceso de neoglucogenesis.

Bell y Bauman, Van Soest, citados por Quintero et al. (2011) muestran que la tasa de producción de propiónico está relacionada directamente con el consumo de almidón, dentro del cual parte de dicho almidón es capaz de sobrepasar la digestión microbiana y ser absorbido directamente bajo forma de glucosa en el duodeno.

De esta forma la glucosa que se absorbe directamente en el intestino constituye otra fuente de glucosa para el rumiante, pero la misma no es suficiente para suplir las necesidades energéticas. Por esta razón toma gran importancia la neoglucogenesis hepática antes mencionada, principalmente realizada a partir de precursores como el propiónico proveniente de la fermentación ruminal, aminoácidos, lactato, y el glicerol proveniente tanto de la movilización del tejido adiposo durante la lipólisis, así como de los triglicéridos presentes en la dieta (Bell y Bauman, Relling y Mattioli, Angulo et al., citados por Quintero et al., 2011).

Sumado a esto, según Bell y Bauman, Emery et al., citados por Quintero et al. (2011), la glucosa es el principal sustrato que requiere la glándula mamaria para la producción de leche, principalmente para la síntesis de lactosa, aunque también como fuente de glicerol para la síntesis de triglicéridos. Además la glucosa es la principal

fuerza de energía utilizada por las células de la glándula mamaria para su actividad y funcionamiento (Wattiaux, s.f.).

### 2.1.3. Composición de la leche

Según Rearte (1992), la composición promedio de la leche producida bajo sistemas pastoriles es de aproximadamente un 3.2 - 3.3% de grasa, 2.9% de proteína, y 4.6% de lactosa, y 0.7% de minerales.

La lactosa es un disacárido compuesto por una molécula de glucosa y una molécula de galactosa. Wattiaux (s.f.) marcó que la cantidad de leche que se produce es controlada primariamente por la cantidad de lactosa sintetizada por la ubre, por lo que la lactosa es “la válvula” que regula la cantidad de agua que se arrastra dentro del alvéolo y por ende del volumen de leche producido. Esto se debe a que como indica Manterola (s.f.), la lactosa es el principal agente osmolar de la leche.

En relación a la grasa, Manterola (s.f.) expresa que la misma está compuesta en su gran mayoría por triglicéridos y en una menor proporción por fosfolípidos, colesterol, etc. Los principales ácidos grasos constituyentes poseen entre 4 y 18 carbonos.

La grasa presente en la leche está compuesta por aproximadamente un 50% de ácidos grasos de cadena corta y el restante por ácidos grasos de cadena larga. Los de cadena corta son en su gran mayoría sintetizados en la glándula mamaria a partir de acético y butírico principalmente, mientras que los de cadena larga provienen de la dieta UDELAR (URUGUAY). FA (2011).

En lo que respecta a la proteína, Téllez y Romero (s.f.) observaron que la caseína comprende aproximadamente el 80% del total de proteína en leche, y que la beta lactoglobulina y la alfa lactoalbúmina constituyen entre el 90% y el 95% de la proteína presente en el suero y son sintetizados por la glándula. La principal fuente precursora de este nutriente son los péptidos, proteínas plasmáticas y aminoácidos libres.

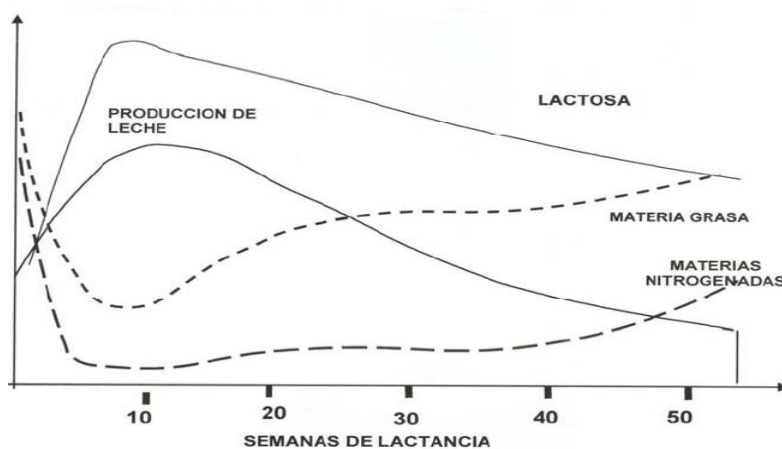
De acuerdo a Manterola (s.f.), durante el comienzo de la lactancia y hasta alcanzar el pico, la mayoría de nutrientes en leche provienen de las reservas corporales. Siguiendo con esto, al comienzo del proceso de lactación, la fracción proteica es alta debido a la producción de calostro, pero luego conforme al aumento de producción de leche en volumen, el porcentaje de proteína disminuye. Luego en las siguientes fases de lactancia el porcentaje de la misma aumenta.

La grasa, al igual que la proteína, sigue la misma tendencia en la lactancia pero con mucho más variabilidad (Rearte, 1992).

En cuanto a la urea en leche (MUN), la concentración de urea en leche es bastante variable entre rodeos y entre vacas o grupos de vacas del mismo rodeo. De todos modos en términos generales se entiende que contenidos de 18mg/100ml de leche

o mayores son considerados valores elevados, aunque en la práctica se encuentra una proporción elevada de observaciones en este rango, en predios con estándares y resultados productivos “normales”. Así vacas en lactancia temprana, manejadas intensivamente, con dietas con tenores proteicos en dieta total del orden del 17 % o algo mayores típicamente tendrán valores de MUN de 20mg/100ml o mayores. En otras palabras, esquemas de alimentación intensivos, resultarán en valores de MUN más altos, y las posibilidades de mantener niveles productivos de leche destacados con dietas más restrictivas en proteína cruda parecen poco probables (Acosta y Delucchi, 2002).

Figura No. 2: Variación de los componentes de la leche según semana de lactancia



Fuente: Manterola (s.f.).

## 2.2. SUPLEMENTACION ENERGETICA

### 2.2.1. Influencia de la suplementación energética en la producción y composición de la leche

Los efectos de la suplementación con concentrados sobre la composición y la producción de leche, dependerá de la cantidad suplementada, del tipo de concentrado utilizado, de la forma de suministro, y de las características de la dieta base a suplementar (Rearte, 1992).

Manterola (s.f.), Rearte (1992), muestran que la grasa es la fracción sólida de la dieta más variable y más fácil de modificar tanto en su composición como en su concentración. Dichos autores señalan también que como la mayoría de los precursores utilizados por la glándula mamaria para la síntesis de ácidos grasos se originan en el rumen, por fermentación de los alimentos, cualquier modificación a este proceso afecta directamente la concentración de grasa en leche.

Los precursores antes mencionados están constituidos por el acético y butírico principalmente, los cuales provienen de la fermentación de la fibra a nivel ruminal llevada a cabo por la flora celulolítica (Wattiaux, s.f.).

Los carbohidratos no estructurales presentes en los concentrados energéticos promueven la producción de propiónico en el rumen, mientras que los carbohidratos fibrosos estimulan la producción de acético y butírico. Además los carbohidratos no estructurales se dice que rinden más AGV porque son fermentados con mayor velocidad y en forma completa (Metabolismo de...s.f). Así la alimentación con concentrados, debido principalmente a una disminución del pH del fluido ruminal y a un cambio en las condiciones de fermentación, deriva en un aumento de la producción de propiónico en detrimento de acético y butírico (Rearte, 1992).

Consecuentemente, la suplementación con concentrados energéticos genera un cambio en las concentraciones de los distintos precursores, tanto lipogénicos como glucogénicos, lo que deriva en un aumento en el volumen de leche producido a raíz de que la síntesis de glucosa a partir del propiónico como principal precursor se incrementa. Pero por otro lado ocurre un descenso en la síntesis de grasa a causa de una baja en la disponibilidad de precursores lipogénicos, más específicamente acético y butírico.

Manterola (s.f.) habla también sobre las modificaciones del contenido de proteína láctea, siendo estos mucho menores a las del contenido graso, ya que la síntesis proteica está muy ligada al código genético, y si falta cualquier aminoácido se detiene.

A pesar de que la variación de los niveles de proteína en leche sea poco significativa, dietas con valores energéticos altos (inclusión de concentrados energéticos), debido a un aumento del propiónico, la neoglucogenesis a partir de

aminoácidos disminuye. Esto determina que la captación de los mismos a nivel de la glándula mamaria sea mayor, y por ende se favorece la síntesis de proteínas lácteas (Rearte, 1992).

En el caso de la lactosa, al estar estrechamente relacionada con el volumen de leche producido, su concentración se mantiene prácticamente incambiada (El manejo...2011).

En cuanto a la urea en leche, dietas altas en energía frecuentemente disminuyen su concentración (Acosta y Delucchi, 2002).

### 2.2.2. Influencia de la suplementación energética sobre el pastoreo

De acuerdo a lo expuesto por Astigarraga (2011), en el caso de los concentrados (energéticos y proteicos), ya que el suplemento comienza a incorporar nutrientes al sistema, se modifica la oferta global de nutrientes que se adiciona a los originalmente aportados por la pastura. Sin embargo la suplementación no implica necesariamente una relación de tipo aditivo con la pastura, en el consumo total de alimento que hace al animal.

Las relaciones más comunes en la suplementación a pastoreo son la adición, la sustitución, y la adición-sustitución. La adición ocurre cuando la demanda de pasto es superior a la oferta, mientras que la sustitución ocurre cuando la demanda de pasto es satisfecha por la oferta (Astigarraga, 2011).

Leaver et al., citados por Astigarraga (2011) en una revisión sobre el tema, concluye que la magnitud de la respuesta productiva debido al suplemento dependerá sobretodo, de la disponibilidad de pasto del sistema. Si el pasto es cuantitativamente limitante, es posible esperar una respuesta mayor que cuando no lo es y esto depende de la disponibilidad global de nutrientes de la pastura y de la carga animal.

## 2.3 GLICEROL

### 2.3.1 Características del glicerol

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 (Thompson y He, citados por Lounglawan et al., 2011), y es subproducto principal del proceso de la fermentación del etanol (Michnick et al., citados por Lounglawan et al., 2011).

Aproximadamente 0,92 kilogramos de glicerol crudo se producen cada 10 litros de biodiesel producido. El reciente crecimiento de la industria de los combustibles biológicos, incluyendo la producción del biodiesel, tiene como pronóstico grandes excesos de glicerol (Crandell, citado por Donkin et al., 2009).

A su vez es un importante componente estructural de los triglicéridos y fosfolípidos. La propiedad glucogénica del glicerol está bien establecida (Cori y Shine, citados por Wang et al., 2009b).

El glicerol es un líquido viscoso, incoloro, inoloro, higroscópico de sabor dulce. Por definición es un alcohol azucarado. Por su propiedad humectante, contenido energético y un índice elevado de solubilidad en agua es ampliamente utilizado en las industrias farmacéuticas, cosméticas y alimenticias (Donkin y Doane, 2007).

Además de las características nombradas cabe destacar el valor energético que posee que es del orden de 4,316 Mcal por kilogramo de materia seca, teniendo en cuenta la energía bruta. Si nos referimos a la energía metabolizable ésta es de 3,346 Mcal por kilogramo de materia seca (Mateos, citado por Galvani, s.f.).

Estudios de digestibilidad realizados in vivo demuestran que la energía neta de lactación varía cuando ésta es acompañada de mayores o menores proporciones de concentrados de almidón, entre 1,98 y 2,27 Mcal por Kg. de glicerol respectivamente (Schröder y Südekum, 1999).

Recientemente DeFrain (2004) reportó 1,91 Mcal/Kg de energía neta de lactación cuando alimentó vacas en lactancia temprana. Parte de la incertidumbre de asignar un valor energético al glicerol se debe al efecto del impacto potencial de los diferentes niveles de glicerol que han sido utilizados en la alimentación de rumiantes y de las interacciones con otros componentes de la ración. El valor energético del glicerol es aproximadamente igual al valor energético del almidón del maíz (Donkin y Doane, 2007).



Cuadro No. 1: Composición del glicerol, en función de la pureza

<b>Pureza del Glicerol</b>			
	<b>Baja</b>	<b>Media</b>	<b>Alta</b>
<b>Agua %</b>	26.8	1.1	2.5
<b>Composición de la materia seca %</b>			
<b>Glicerol</b>	63.3	85.3	99.8
<b>Extracto al éter</b>	0.71	0.44	n.a.
<b>P</b>	1.05	2.36	n.a.
<b>K</b>	2.20	2.33	n.a.
<b>Na</b>	0.11	0.09	n.a.
<b>Pb</b>	0.0003	0.0002	n.a.
<b>Metanol</b>	26.7	0.04	n.a.

Fuente: Schröder y Südekum (1999)

Los niveles de metanol en glicerol crudo son una preocupación y deberían estar por debajo de 0.5 %. Una carta de reglamentación reciente expedido por la Food and Drug Administration (FDA) indica que los niveles de metanol superiores a 0,015%, podrían ser considerados no aptos para la alimentación animal (Donkin y Doane, 2007).

Cabe destacar que el metanol es tóxico, pero es metabolizado por bacterias ruminales (Drackley, 2007) y transformado a metano (Back, citado por Galvani, s.f.).

El glicerol derivado de la industria del biodiesel contiene sal en su composición, con valores máximos de 11,5 %. Las sales nombradas están constituidas por potasio, sodio y fósforo. El potasio oscila entre 2,2 y 2,3 % en materia seca y el de fósforo entre 1,05 y 2,36% (Drackley, 2007). El sodio se encuentra en muy bajos porcentajes entre 0,09 y 0,11% (Schröder y Südekum, 1999). Es importante conocer la cantidad de sal y su composición para saber el grado de toxicidad y también como limitante del consumo (Galvani, s.f.).

### 2.3.2 Efecto sobre los productos finales de la fermentación

El glicerol es fermentado a ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen. Los primeros estudios de la fermentación del glicerol, indican que prácticamente todo el

glicerol es fermentado a propionato (Johns et al., Garton et al., citados por Donkin y Doane, 2007).

Trabajos posteriores indican un incremento en el ácido acético y ácido propiónico (Wright, citado por Donkin y Doane, 2007) o un aumento de ácido propiónico y ácido butírico (Czerkawski y Breckenridge, citados por Donkin y Doane, 2007).

Wright (1969) determinó que el glicerol era fermentado (in vitro) en un 47,6%, 20,8%, 5,7% y 52,1% a acetato, propionato, butirato y dióxido de carbono respectivamente.

En estudios realizados “In Vitro” la fermentación del glicerol usando como inóculo líquido ruminal proveniente de vacas adaptadas a la alimentación con glicerol, indicaron una producción creciente de propiónico y de butírico a expensas del acético (Rémond et al., 1993).

Estudios realizados utilizando glicerol marcado con  $C^{14}$  indican que la mayoría del glicerol se encontraba en el propiónico (Bergner et al., 1995).

Alimentando vacas de lactancia media al 3,6% con glicerol se alteraba levemente el perfil de AGV en el rumen, aumentando el propiónico y butírico a expensas del acético (Khalil et al., 1997).

Schröder y Südekum (1999) determinaron que el glicerol no afectaba la digestibilidad de la dieta, pero disminuía la relación acético: propiónico, aumentaba la concentración de butírico a nivel ruminal y estimulaba el consumo de agua. Estos cambios eran beneficiosos para la vaca lechera porque: 1) el aumento de propiónico ruminal hace aumentar la oferta de este sustrato de la gluconeogénesis en el hígado, 2) el aumento de butírico ruminal favorecería el crecimiento del tejido epitelial ruminal y quizás el aumento de la absorción de nutrientes a nivel ruminal como se indica en Dirksen et al. (1995) y finalmente 3) la mayor ingesta de agua determinaría en una mayor disponibilidad de agua a nivel de glándula mamaria satisfaciendo la demanda necesaria para la síntesis de leche.

La fermentación del glicerol en el rumen incrementa la concentración de ácido propiónico y butírico mientras que el ácido acético disminuye. La mayoría del glicerol es fermentado a AGV a través de la vía glucolítica con una pequeña producción de ácido láctico (Trabue et al., 2007).

En novillos de la raza Simmental de 3 años de edad y 450 Kg. de peso vivo (PV), en condiciones de estabulación, consumiendo glicerol a razón de 100, 200 y 300 gramos/animal/día se vio que el pH a nivel ruminal disminuye linealmente, mientras que la concentración de AGV a nivel ruminal se incrementa linealmente con el aumento en la suplementación con glicerol. La proporción molar de acético no fue afectada, mientras que las proporciones de propiónico y butírico aumentaron linealmente con el aumento

del glicerol. En consecuencia la relación de acético y propiónico se redujo linealmente (Wang et al., 2009b).

El destino del glicerol al ser absorbido, es el hígado, ahí éste es metabolizado mediante la enzima glicerol quinasa (Lin, citado por Donkin y Doane, 2007).

### 2.3.3 Efectos sobre la población microbiana

Según estudios realizados por Rémond et al. (1993) los índices máximos de desaparición del glicerol en rumen, determinados usando fermentadores “In Vitro” es 0.52 a 0.62 grs. /hora. Otros datos sugieren que, usando una dosis de 240 grs. de glicerol las tasas de desaparición en el rumen se encuentran entre 1.2 a 2.4 grs. /hora. Al mismo tiempo hay reportes que sugieren que una proporción del glicerol que ingresa al rumen puede ser absorbido directamente.

En estudios donde se suplementaba con niveles entre 15 y 25 % de glicerol la mayoría desaparecía en 6 horas (Bergner et al., 1995).

Estimaciones de la desaparición de una dosis de 200grs. /animal de glicerol en ganado de carne previamente acostumbrado indican que más del 85% del glicerol en el rumen desaparece en 2 horas (Kijora et al., citados por Donkin y Doane, 2007).

Trabue et al. (2009) indicaron que el 80% del glicerol era metabolizado por los microorganismos ruminales luego de 24 horas en fermentaciones in vitro.

Los microorganismos del rumen se adaptan a la alimentación con glicerol ya que la velocidad con que desaparece el glicerol del rumen después de 7 días de alimentación aumenta (Kijora et al., citados por Donkin y Doane, 2007).

Existe un moderado descenso del pH a nivel ruminal postprandial cuando se administra glicerol que es más pronunciado que el que se observa con almidón (Schröder y Südekum, 1999).

### 2.3.4 Efectos sobre la digestibilidad

Khalili et al. (1997) reportaron que la inclusión de glicerol en las dietas como suplemento no alteró significativamente la digestibilidad de la dieta.

Las digestibilidades del material digestible, materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC), aumentaron con el incremento en la suplementación del glicerol hasta un nivel medio (200 grs./animal/día), al seguir aumentando los niveles de glicerol las digestibilidades disminuyeron levemente (Wang et al., 2009b).

### 2.3.5 Suplementación con glicerol

#### 2.3.5.1 Antecedentes de suplementación

El uso del glicerol en el tratamiento de la cetosis se reportó tempranamente en 1954 (Jonson et al., citados por Donkin et al., 2009) y la evaluación del glicerol como tratamiento para la cetosis fue explorada más a fondo durante los años 70 (Fisher et al., 1973). Recién en la década del '90 los nutricionistas pusieron verdadero interés en el glicerol como un potencial suplemento energético, principalmente para vacas en transición a la lactancia, ya que la hipótesis de base era que el glicerol absorbido en el tracto gastrointestinal (TGI) puede convertirse rápidamente a glucosa en el hígado (Gallardo, s.f.).

Aunque hay evidencia para el uso de glicerol en vacas lecheras en transición, hay poca información que examine el uso de glicerol como macro ingrediente en raciones para vacas lecheras en lactancia. Los trabajos de alimentación típicamente han sido bajos, entre 150 a 472g/d (Fisher et al. 1973, Khalili et al. 1997). Solo hay pocos estudios de glicerol suplementado en rangos aproximados al 5 % o más de la materia seca de la ración (Donkin y Doane, 2007).

Según Ferraro et al. (2009) el glicerol se ha utilizado como fuente de energía para la prevención de la cetosis en los ganados lecheros (Griffiths 1952, Johnson et al. 1954, Roger et al. 1992, Rémond et al. 1993) y como suplemento en la alimentación en ganado de carne y ganados lecheros (Roger 1992, Parsons et al. 2009).

Fisher et al. (1973) utilizaron vacas Holstein en lactancia temprana durante 8 semanas para evaluar los efectos de la suplementación del glicerol en el consumo, producción y composición de la leche, e incidencia en la cetosis. La dieta control consistió en una mezcla de forrajes (75 % ensilaje de maíz) ad libitum, mas un concentrado sin aditivos (mezcla de grano de maíz y grano de avena mas harina de soja). Los niveles de glicerol suplementados fueron de 3% (174g/a/d) y 6% (371g/a/d). Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas en el consumo de materia seca, en la producción de leche y en la composición de la misma. Pero que las vacas alimentadas con 371 g/a/d de glicerol durante las primeras 8 semanas de lactancia perdían menos PV que las alimentadas con 174 g/a/d o las del control.

Khalili (1997), suplementó vacas lecheras primíparas en mitad de lactancia con 151g/a/d de glicerol. Utilizando como dieta control 7 kg/d de un concentrado a base de cebada mas fardo y ensilaje de fleo y festuca ad libitum. En cuanto al tratamiento de glicerol la dieta era la misma pero por cada Kg. de cebada se agregaban 36g de glicerol. El resultado del trabajo fue que no hubo diferencias significativas en el consumo de materia seca, ni en la producción de leche cuando se suplementó con glicerol.

Schröder y Südekum (1999) alimentaron ganado lechero con dietas conteniendo 10 % de glicerol, reemplazando la mitad del almidón en la dieta, con el objetivo de evaluar el potencial del glicerol en dietas para rumiantes. Llegaron a la conclusión que el glicerol de diferentes purezas puede reemplazar al almidón de rápida fermentación en dietas para rumiantes, hasta en un 10% de la materia seca de la dieta, sin afectar negativamente el consumo, la digestibilidad ruminal, la síntesis microbiana a nivel ruminal ni la digestibilidades de los nutrientes en todo el tracto digestivo.

Hace algunos años, el glicerol se ha reexaminado como ayuda para prevenir los problemas metabólicos asociados a las vacas en transición. Goff y Horst (2001) usaron hasta 3 litros para el tratamiento y prevención de la cetosis.

Por su parte, DeFrain et al. (2004) utilizaron el glicerol para alimentar vacas lecheras en transición como un suplemento energético más que como un ingrediente importante del alimento. Los principales ingredientes de la dieta control fueron henilaje de alfalfa, ensilaje de maíz, grano de maíz, y harina de soja. El control tenía 0.86g de almidón de maíz por cada Kg. de materia seca de la dieta, el tratamiento 1 tenía 0.42g de almidón de maíz y 43 de glicerol, mientras que el tratamiento 2 tenía 0.86g de glicerol por cada Kg. de materia seca de la dieta. Los resultados obtenidos fueron; las vacas alimentadas con glicerol consumieron aproximadamente 17% menos de materia seca que aquellas alimentadas con la dieta control. La producción de leche no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. En cuanto a la composición de la leche, la proporción de grasa de la leche y la concentración de N como urea en la leche disminuyeron a medida que aumentaba la dosis de glicerol. En relación al PV y CC no hubieron diferencias significativas entre tratamientos.

A su vez Ogborn (2006), también utilizó la glicerina como suplemento energético y no como un ingrediente importante de la dieta, para evaluar la performance y metabolismo de vacas Holstein multíparas durante el período de transición. La dieta control estaba compuesta por ensilaje de maíz y de alfalfa en un 45% del total del forraje más un concentrado a base de maíz. La dosis de glicerol consistía en 3.3% de la materia seca de la dieta (504g/a/d) suministrado como glicerina cruda (80,6% glicerol, 8,9% sales, 10,5% agua). Los resultados indicaron que el glicerol tenía un efecto depresivo en el consumo de materia seca. Por otro lado no se registraron diferencias significativas en producción ni composición de la leche.

Bodarski et al. (2005) alimentaron vacas lecheras en lactancia temprana desde 3 semanas antes del parto hasta 70 días post-parto con 300 y 500ml de glicerol con el objetivo de estudiar el efecto de éste en los parámetros productivos de las vacas. La dieta post parto consistió en 20kg de ensilaje de maíz, 8 kg de fardo de alfalfa, 5 kg de ensilaje de pulpa de remolacha azucarera más 6 kg de suplemento balanceado. En cuanto a los resultados, los dos tratamientos suplementados con glicerina consumieron en los 70 días post parto 2 Kg. más de materia seca en comparación con el control. A su vez este

mayor consumo registrado en tratamientos con glicerol produjo que las vacas de estos grupos tuvieran mayor condición corporal al final del período de evaluación que aquellas pertenecientes al control. Además las vacas suplementadas con glicerol a una dosis de 300 y 500 ml/a/día incrementaron la producción de leche en 14,6 y 12,5 % respectivamente. Por otro lado la proteína en leche aumentó con el incremento del glicerol en la dieta.

A su vez Chung et al. (2007) trabajaron también con vacas en lactancia temprana con los mismos objetivos que los anteriores investigadores además de estudiar los perfiles metabólicos. Las alimentaron con glicerina seca hasta 250g/a/d (correspondía a 162,5g/a/d) durante 2 semanas, el cual era agregado a la dieta control sin ajustes en energía. La dieta control consistía en; ensilaje de maíz, henilaje de alfalfa y fardos de alfalfa en un 50% de la MS, más grano de maíz molido en un 20% de la MS. El resto correspondía a un suplemento balanceado (grano de soja tostado, harina de canola, cáscara de semilla de algodón, etc.). Los resultados de este trabajo indicaron que no hubo diferencias significativas ni en el consumo de materia seca, ni en la producción y composición de la leche. Además ambos grupos de vacas (control y alimentadas con glicerol) mostraron similares reducciones de PV y de CC. Pero a su vez encontraron una tendencia hacia una mayor eficiencia de conversión del alimento en leche luego que culminó la suplementación con glicerol.

Wang et al. (2009b) evaluaron los efectos de la suplementación con glicerol en el rumen en novillos Simmental de 3 años de edad y 450 Kg., consumiendo glicerol a razón de 100, 200 y 300g/a/día. La dieta estaba compuesta en un 60 % de la MS por rastrojo de maíz, y el resto 40 % de la MS correspondía a un suplemento balanceado. Llegaron a la conclusión que la suplementación con glicerol aumenta la fermentación ruminal con aumento de la producción de propionato y de la digestibilidad de la dieta en todo el tracto digestivo de ganado de carne.

Por su parte Ferraro et al. (2009) evaluaron la producción in vitro de gases y la fermentación ruminal. Para esto utilizaron fluido ruminal de ovejas Suffolk. El glicerol incubado fue de 320 y 640  $\mu$ l. Concluyeron que la fermentación del glicerol reduce el acetato y aumenta la proporción molar de butirato.

Con el objetivo de evaluar el glicerol sobre la performance lechera, balance de energía y los metabolitos de vacas lecheras Holstein en lactancia temprana, Wang et al. (2009a) utilizaron vacas Holstein de entre 4 a 65 días en leche, por un periodo de 63 días y las alimentaron con una dieta base mas glicerol a razón de 100, 200 y 300g/a/día. La dieta base era ad libitum, con proporciones iguales de forraje (50% rastrojo de maíz, 50% ensilaje de maíz) y concentrado a base de grano de maíz. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: No hubieron diferencias significativas en consumo de MS, ni en producción de leche. En relación a la composición de la leche, el contenido de proteína disminuye linealmente y el contenido de grasa tendió a ser menor con el agregado de glicerol en la dieta mientras que la proporción de lactosa en leche se mantiene igual. A su vez las vacas alimentadas con glicerol tendían a incrementar el PV a tasas mayores en

relación al control. Por último, las concentraciones de glucosa en sangre aumentan a medida que la suplementación con glicerol se incrementa. Las vacas suplementadas con glicerol presentaron un 7 % más de glucosa en sangre que las vacas control.

Para evaluar el valor alimenticio del glicerol como reemplazo del grano de maíz en dietas de vacas lecheras, Donkin et al. (2009) suplementaron vacas Holstein con 2 semanas de adaptación con glicerol durante 56 días con dosis de 0, 5, 10 y 15 % del total de materia seca de la dieta. La dieta control estaba compuestas por ensilaje de maíz, forraje de leguminosas, granos de maíz, pellets de soja, granos de soja tostados y un suplemento proteico. Se observó que se redujo el consumo de materia seca en el tratamiento con 15 % de glicerol durante los primeros 7 días del experimento. Una recuperación en el consumo dentro de los siguientes días sugiere que para alimentar con una dosis de 15 % de glicerol lo mejor sería alcanzarlo con un régimen de alimentación en el que se introduzca gradualmente. A su vez no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al consumo y a la producción de leche. En tanto en composición de leche encantaron que la concentración de N como urea en la leche disminuyó a medida que aumentaba la dosis de glicerol. Por otra parte, las vacas alimentadas con 10 y 15 % de glicerol ganaron más PV que las alimentadas con 5 % y el control. La ganancia de peso entre el control y 5 % no tuvo diferencias. A su vez no hubo diferencias entre las condiciones corporales de las vacas en los diferentes tratamientos. Por otro lado observaron que la conversión del alimento no presentó variaciones entre los diferentes tratamientos del experimento.

Mientras que Echeverría et al. (2010) alimentaron vacas Holstein en lactancia media con dosis de glicerol de 0,700(T1), 1,4 (T2) y 2,1(T3) Kg./vaca/día, para estudiar el efecto de niveles incrementales de glicerol en la dieta sobre los parámetros productivos de las vacas. La dieta control consistió de un pastoreo diario en franjas de avena más un concentrado comercial. Los resultados fueron los siguientes: no encontraron diferencias significativas en comportamiento ingestivo de las vacas en pastoreo debido a la inclusión de glicerol en la dieta. A su vez encontraron que con incrementos crecientes de glicerol en la dieta aumentaba la producción de leche hasta que alcanzaba un pico máximo, o sea, las vacas T1 y T2 produjeron 2,15 lts más de leche que el control. En cuanto a lo composición de la leche observaron que la proporción de grasa de la leche tendió a disminuir con el aumento de glicerol en la dieta. Por otro lado no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en respecto al PV y CC.

Lounglawan et al. (2011) experimentaron alimentar vacas Holstein en lactancia temprana con glicerol a una dosis de 150 y 300g/a, para evaluar la performance productiva de las mismas. La dieta control consistió en 8 Kg. de concentrado más ensilaje de maíz ad libitum. Como resultado obtuvieron, que no hubo diferencias significativas en consumo de MS, ni en producción de leche. En relación a la composición, observaron que la proporción de grasa de la leche tendió a disminuir con el

aumento de glicerol en la dieta. Tampoco hubo diferencias significativas en PV entre los tratamientos.

Mientras que Carvalho et al. (2011) utilizaron también vacas Holstein multíparas y las alimentaron con glicerol al 11,5 y 10,8% de la materia seca de la ración, durante 28 días antes del parto hasta 56 días post-parto, para medir la performance productiva de las vacas cuando se sustituye glicerol por maíz en la dieta. La dieta control estaba constituida por: ensilaje de maíz, ensilaje de alfalfa, fardo, mazorcas de maíz de alto contenido de humedad, pellets de soja, pellets de semilla de algodón, vitaminas y minerales. Los resultados fueron: no hubo diferencias significativas en el consumo de MS, ni en la producción y composición de la leche, entre los tratamientos. Tampoco hubieron diferencias significativas en relación al PV y CC entre los tratamientos.

## 2.4 SINTESIS

Hace más de 60 años que se ha estado investigando y realizando trabajos acerca del glicerol. Estos han tenido diferentes enfoques, ya que los primeros trabajos centraron su atención en el estudio del glicerol como posible fuente de energía para el tratamiento contra la cetosis de vacas lecheras en transición. Luego en los últimos años, es decir de la década del 90` en adelante, conforme al crecimiento de la industria de los biocombustibles y a la necesidad de sustituir al maíz en las dietas, se comenzó a visualizar al glicerol como un posible macro ingrediente con funciones energéticas en dietas de vacas lechera, con el objetivo de estimular la producción de leche.

En los distintos experimentos analizados, el glicerol fue administrado a razón de entre un 5% y un 15% del total de la materia seca de la ración, donde a partir de estos valores se ha llegado a concluir que el glicerol es un ingrediente apropiado para sustituir al grano de maíz en dietas para vacas lecheras en lactancia, ya que no hay efectos nocivos en el consumo de alimento, producción de leche y composición de la misma.

Partiendo de la base de que el glicerol posee propiedades glucogénicas debido a que aumenta la concentración de propiónico en el rumen, y a que consecuentemente disminuye la relación acético-propiónico, es que se generaría un aumento en la producción de leche y una disminución del porcentaje de grasa de la misma.

Los resultados generados a partir de los trabajos realizados por varios de los autores citados en la revisión del presente trabajo, han coincidido en que efectivamente se estimula la producción de leche y disminuye el porcentaje de grasa. En contraparte otros autores no coinciden con estos resultados, lo que arroja una situación en la que no están del todo claros los efectos del glicerol en la producción de leche y su respectiva composición.

Sumado a esta situación, no hay un estimativo de la energía neta de lactación para los típicos escenarios alimenticios, por el efecto del impacto potencial de los



diferentes niveles de glicerol que han sido utilizados en la alimentación de rumiantes y de las interacciones con otros componentes de la ración.

## 2.5 HIPÓTESIS

1) Al aumentar los niveles de glicerol en la dieta aumentará la producción de leche hasta alcanzar un nivel de inclusión donde la producción se hará máxima para luego decaer.

2) El suministro de diferentes cantidades de glicerol aumentara los kilogramos de sólidos en la leche, Grasa, Proteína y Lactosa. El contenido de proteína y lactosa se mantendrán, mientras que el contenido de grasa disminuirá.

3) Las vacas de los tratamientos con glicerol perderán menos condición corporal y peso vivo que las vacas pertenecientes al tratamiento control.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El ensayo tuvo lugar en la Estación Experimental Mario Antonio Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, ubicada en el Km. 363 de la ruta No. 3, departamento de Paysandú. El experimento se llevó a cabo durante la primavera de 2011, precisamente entre el día 10 de octubre y el 30 de noviembre.

#### 3.2 ANIMALES

Se utilizaron 24 animales Holstein pertenecientes al rodeo de la EEMAC, en lactancia temprana y cuyo periodo de parición abarcó desde el 08/8/2011 al 25/9/2011. Dentro del rodeo 13 eran primíparas y 11 multíparas. El PV y la condición corporal promedio fueron de 554 Kg. ( $\pm 78$ ) y de 2,79 ( $\pm 0,27$ ) respectivamente. El número de días en leche al inicio del experimento fue de 56 días ( $\pm 11$ ).

Los animales se agruparon en bloques según número de lactancia y fecha esperada de parto, donde luego fueron asignadas en forma aleatoria a los tratamientos experimentales.

#### 3.3 TRATAMIENTOS

Entre el 10 de octubre y el 17 del mismo mes, las vacas de los distintos tratamientos fueron sometidas a un período de adaptación al glicerol, el cual consistió en incrementar los niveles de dicho glicerol de a 0,2 litros diariamente hasta alcanzar los niveles fijados previamente para cada tratamiento.

En un diseño de bloques al azar completamente aleatorizado, se estudiaron los siguientes niveles de suplementación de glicerol crudo:

Cuadro No. 2: Descripción de los tratamientos (n = 4)

<b>Control</b>	Sin inclusión de glicerol en la suplementación
<b>T05</b>	0.5 l /animal/día de Glicerol en suplementación
<b>T1</b>	1.0 l /animal/día de Glicerol en suplementación
<b>T1.5</b>	1.5 l /animal/día de Glicerol en suplementación

- a) **(Control):** pastoreo en el turno de la mañana de praderas de 1° o 2° año con un tiempo de acceso a la pastura de 7 hrs. diarias. En la tarde y noche luego del ordeño encierro en corrales individuales con acceso agua y suplemento (mezcla de concentrado y ensilaje)
- b) **T 0.5:** Control más la adición de 0.5 litros de glicerol crudo en la mezcla.
- c) **T 1:** Control más la adición de 1 litro de glicerol crudo en la mezcla.
- d) **T 1.5:** Control más la adición de 1.5 litros de glicerol crudo en la mezcla.

### 3.4 MANEJO

En la mañana las vacas fueron ordeñadas (4:30 AM) y luego del ordeño se llevaron al pastoreo. Las vacas permanecieron en la pastura desde las 7: 30 AM hasta las 14:00 PM momento donde las vacas fueron trasladadas para el ordeño vespertino.

En la tarde las vacas fueron primeramente ordeñadas (15:00 PM). Posteriormente, luego del ordeño los animales se trasladaron a corrales individuales (tinglado), cuyas medidas era de 2 x 4 m<sup>2</sup>, con acceso a agua y sombra. En dichos corrales los animales tenían agua a voluntad y recibían en comederos individuales la suplementación (mezcla de concentrado y henilaje). El glicerol fue agregado sobre la mezcla de concentrado y henilaje.

### 3.5 ALIMENTOS

#### 3.5.1 Dieta base

Pasturas plurianuales más suplemento totalmente mezclado (7 Kg. de ración COPAGRAN + 12 Kg. de henilaje, ambos en base fresca).

#### 3.5.2 Pasturas

Los animales pastorearon sobre pasturas de primer año, una de festuca (*Festuca arundinacea*), lotus (*Lotus corniculatus*) y trébol blanco (*Trifolium repens*), y otra únicamente de festuca (*Festuca arundinacea*), ambas ubicadas en los potreros de la unidad de lechería de la EEMAC.

A cada tratamiento se le asignaran aproximadamente 40 Kg. de materia seca (asignación objetivo) por animal por día en franjas diarias.

### 3.5.3 Suplemento totalmente mezclado

Todos los animales del ensayo fueron suplementados con una ración totalmente mezclada, compuesta por: 7 Kg. animal/día de concentrado COPAGRAN (15.5% PC) y 12 Kg. de animal/día de ensilaje

## 3.6 DETERMINACIONES

### 3.6.1 En los animales

#### 3.6.1.1 Producción y composición de leche

Se midió la producción de leche diariamente en cada ordeño .Un día a la semana se tomaron muestras de leche individuales en ambos ordeños (AM y PM) para determinación de grasa, proteína, lactosa y urea.

#### 3.6.1.2 Peso vivo

Semanalmente previo al ingreso a la nueva parcela se pesaron todos los animales luego del ordeño de la mañana.

#### 3.6.1.3 Condición corporal

Coincidiendo con la pesada de los animales se realizó la evaluación de la condición corporal, utilizando para esto la escala de 5 puntos (Ferguson et al., 1989). Dicha tarea estuvo a cargo de la misma persona en las distintas evaluaciones.

### 3.6.2. En la pastura

#### 3.6.2.1 Disponibilidad de forraje

Se determinó la disponibilidad de forraje a la entrada de los animales a las distintas parcelas. Las parcelas tienen 1.5 ha y dentro de estas se realizaron las franjas diarias. Estas determinaciones de disponibilidad de forraje se realizaron para definir el área de la franja diaria.

Para estimar la disponibilidad de forraje se utilizó el método de doble muestreo de Haydock y Shaw (1975) modificado con el plato “rising plate”

El método de doble muestreo modificado consiste en marcar cinco puntos y tres repeticiones de la escala con el plato en un área representativa de donde se desarrolló el experimento en el período correspondiente.

Se marco con cuadros (0.09m<sup>2</sup>) 5 puntos de distinta disponibilidad de MS (tomando en cuenta la densidad y altura) con 3 repeticiones para cada punto. En cada cuadro se midió la altura del forraje (en los 4 vértices y al centro).

Los 5 puntos de escala con sus 3 repeticiones se cortaron y se secaron en la estufa de aire forzado a 60 °C por 48 horas. Con los datos de MS se calculó una función de regresión lineal en la cual se sustituyó el valor promedio de plato que se registró en la parcela obteniendo así el valor de MS/ha.

Para obtener el valor de “plato” promedio se recorrió cada tratamiento en “ZIGZAG” tomando registros individuales con el “plato”, y se tomaron alrededor de 100 repeticiones, dichas repeticiones se ajustaron al tamaño de la parcela y a la heterogeneidad de la misma. Para determinar la masa de forraje remanente la metodología fue idéntica a la planteada para la oferta.

#### 3.6.2.2 Composición química

En los distintos cortes que se realizaron para la estimación de disponibilidad se tomaron muestras para el análisis de la composición química del forraje (MS, PC, EE, FDN, FDA).

### 3.6.3 En los alimentos

#### 3.6.3.1 Glicerol

Se tomaron en dos momentos muestras del glicerol crudo ofrecido a los distintos tratamientos y se determinó su composición química (MS, PC, EE, metanol, sales).

#### 3.6.3.2 Henilaje de pastura y concentrado

Se tomaron muestras del henilaje y concentrado ofrecido en en dos momentos distintos del experimento. Dichas muestras se efectuaron en las semanas del 8 de noviembre y del 30 de noviembre.

Estas muestras se conservaron a 4 grados centígrados hasta que fueron secadas en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas, posteriormente la muestra fue molida en molino Wiley y enviada al laboratorio para determinar su composición química (MS, PC, FDA, FDN y Cenizas).

### 3.7 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el experimento se utilizó un diseño de bloques completos al azar.

Las vacas primíparas y multíparas fueron bloqueadas según número de lactancia, fecha de parto, producción de leche, peso vivo y estado corporal. Se realizaron bloques homogéneos de 4 vacas cada uno, donde cada vaca se asignó al azar a un tratamiento.

Los modelos utilizados para el análisis de las variables y los procedimientos del SAS empleados varían según la variable de respuesta.

#### 3.7.1 Producción y composición de leche

Para llevar a cabo el análisis estadístico se realizó un promedio semanal de la producción diaria.

Las variables: producción de leche total, grasa, proteína y lactosa, fueron analizadas a través del siguiente modelo lineal con medidas repetidas en el tiempo.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + T_j + \varepsilon_{ij} + S_k + (TS)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

i: 1,2,3,4,5,6

j: 1,2,3,4

K: 1,2,3,4,5,6,7

Donde:

$\mu$ : es la media general

$\beta_i$ : es el efecto del i-ésimo bloque

$T_j$ : es el efecto del j-ésimo tratamiento

$S_k$ : es el efecto de la k-ésima semana

$(TS)_{jk}$ : interacción tratamiento por semana

$\epsilon_{ij}$ : error experimental entre vacas

$\epsilon_{ijk}$ : error experimental entre medidas repetidas

### 3.7.2 Estado corporal y peso vivo

Las variables condición corporal y peso vivo se analizaron a través del mismo modelo utilizado para producción y composición de leche.

## 3.8 CÁLCULOS

### 3.8.1 Leche corregida por grasa

La producción de leche corregida por grasa al 4% se calculó utilizando la fórmula del NRC (2001), en donde se toma en cuenta el volumen de leche producido y el porcentaje de grasa.

- $LCG = 0,4 * PL + 15 * \%G / 100 * PL$

### 3.8.2 Producción calórica de la leche

La producción calórica de leche se calculó utilizando las fórmulas del NRC (2001), las cuales toman en cuenta la energía neta de lactación requerida para la producción de leche (volumen y porcentajes de grasa, proteína y lactosa). La fórmula es la siguiente:

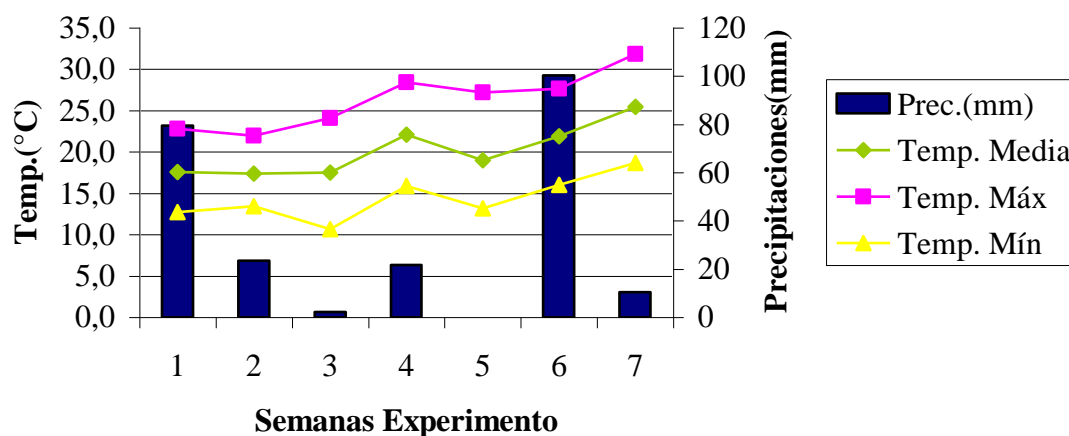
- $ENL \text{ (Mcal/kg)} = 0,0929 \times \% \text{ GB} + 0,0547 \times \% \text{ PB} + 0,0395 \times \% \text{ Lactosa}$



## 4. RESULTADOS

### 4.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Figura No. 3: Condiciones de temperatura y precipitaciones en las distintas semanas del experimento.



Es de suma importancia conocer las condiciones climáticas existentes durante el periodo experimental, para saber cuáles eran las condiciones a las que estaban sujetos los animales bajo estudio y de esta manera analizar de forma más objetiva los resultados experimentales.

Se observa que la temperatura fue elevándose a medida que transcurrió el experimento ya que se estaba acercando el verano.

### 4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ALIMENTOS

#### 4.2.1 Composición química del glicerol

Cuadro No. 3: Composición química del glicerol

<b>Materia seca</b>	95%
<b>Metanol (%)</b>	2,20%
<b>Cenizas (%)</b>	3,60%
<b>Proteína cruda (%)</b>	0%

#### 4.2.2 Composición química de la dieta

A continuación se presentan los datos de la composición química de la dieta, considerando todos los componentes de la misma menos el glicerol, ya que fue expuesto en el ítem anterior.

Cuadro No. 4: Composición química de la dieta

	<b>MS %</b>	<b>PC%</b>	<b>FDN %</b>	<b>FDA %</b>
<b>Henilaje P2</b>	42	13.4	55.8	34.8
<b>Henilaje P1</b>	44	12.6	48	30.3
<b>Ración P1</b>	91.9	17.2	30.3	13.9
<b>Ración P2</b>	91.5	14.5	29.6	12.6
<b>Festuca</b>	18,6	13,3	59,3	34,8
<b>Tb+lotus+festuca</b>	26,8	14,8	56,7	30,5

Al henilaje y la ración se le realizaron muestras en dos momentos distintos, por esto es que en el cuadro están diferenciados como P1 y P2. Dichas muestras se efectuaron en las semanas del 8 de noviembre y del 30 de noviembre. En cuanto a las pasturas la disponibilidad promedio de las parcelas y su desvío fue de  $2660 \pm 900$  Kg/ha.

### 4.3 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE

#### 4.3.1 Producción de leche

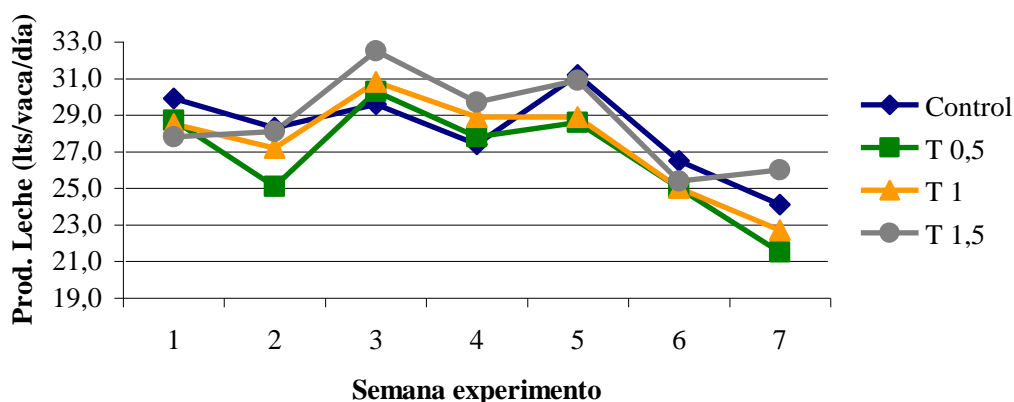
Cuadro No. 5: Producción de leche promedio por tratamiento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Producción de leche (lts)</b>
Control	28,1 a
T 0,5	26,7 a
T 1	27,5 a
T 1,5	28,6 a

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

De acuerdo a lo expuesto en el cuadro, se puede observar que la producción de leche promedio en litros por tratamiento no presenta diferencias significativas, manteniéndose prácticamente incambiada.

Figura No. 4: Evolución de la producción de leche por tratamiento según semana de lactancia.



Se puede apreciar en el gráfico anterior una evolución similar en la producción de leche de los tratamientos en las distintas semanas experimentales.

Además cuando se analizan estos resultados con indicadores de significancia (ver Anexo 1 ), se ve que la evolución de la producción de leche por tratamiento según semana del experimento al igual que la producción promedio de todo el período experimental, no tienen diferencias significativas entre tratamientos, quedando descartada la posibilidad de que en algún momento de la lactancia dentro del período analizado pudiera existir alguna diferencia.

Por otra parte, cuando se analiza la producción semanal de leche y se la relaciona con las condiciones de temperatura en las distintas semanas del experimento expuestas en la figura No. 3, se observa que ambas variables evolucionan de manera distinta, en donde al aumentar la temperatura, la producción de leche tiende a declinar.

#### 4.3.1.1 Leche corregida por grasa

Cuadro No. 6: Leche corregida por grasa

Tratamiento	Litros leche	Grasa (%)	Leche corregida por grasa
Control	28,1	3,27	25,1
T 0,5	26,7	3,32	24,0
T 1	27,5	3,1	23,8
T 1,5	28,6	2,9	23,9

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

Como se observa en el cuadro anterior, al corregir la producción de leche según su contenido graso, el tratamiento control pasa a ser el tratamiento que tiende a producir más cantidad de leche. A su vez el T 1 y T 1.5 son los que tienden a producir menor cantidad de leche corregida por grasa cuando sus producciones sin corregir por grasa son de las que tienden a ser más elevadas.

#### 4.3.2 Composición de la leche

##### 4.3.2.1 Porcentaje de grasa en leche

Cuadro No. 7: Porcentaje de grasa en leche según tratamiento

<b>Tratamiento</b>	<b>% grasa</b>
Control	3,27 ab
T 0,5	3,32 a
T 1	3,1 ab
T 1,5	2,9 b

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

Como se puede ver en el cuadro No. 7 no hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al porcentaje de grasa en leche. Pero si se ve una tendencia a disminuir el porcentaje de grasa en leche con el aumento del glicerol en la dieta.

##### 4.3.2.2 Porcentaje de proteína en leche

Cuadro No. 8: Porcentaje de proteína según tratamiento

<b>Tratamiento</b>	<b>% proteína</b>
Control	2,9 a
T 0,5	3,0 a
T 1	3,0 a
T 1,5	3,0 a

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

Como lo indica el cuadro, la proporción de proteína en leche de los distintos tratamientos no presenta diferencias entre los mismos.

#### 4.3.2.3 Porcentaje de lactosa en leche

Cuadro No. 9: Porcentaje de lactosa según tratamiento

<b>Tratamiento</b>	<b>% lactosa</b>
Control	4,8 a
T 0,5	4,8 a
T 1	4,8 a
T 1,5	4,8 a

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

Como se observa en el cuadro No. 9 el porcentaje de lactosa en leche se mantuvo incambiado entre los distintos tratamientos.

#### 4.3.2.4 Urea en leche

Cuadro No. 10: Urea en leche según tratamiento

<b>Tratamiento</b>	<b>MUN(mg/d)</b>
Control	22,6 a
T 0,5	20,6 ab
T 1	20,5 ab
T 1,5	18,1 b

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

Como se aprecia en el cuadro No. 10, no hay diferencias significativas entre el control, T 0,5 y T 1, y tampoco las hay entre los tratamientos con glicerol. Pero si las hay entre el control y la máxima dosis de glicerol (T 1,5).

#### 4.3.3 Producción calórica en leche

Cuadro No. 11: Producción calórica en leche

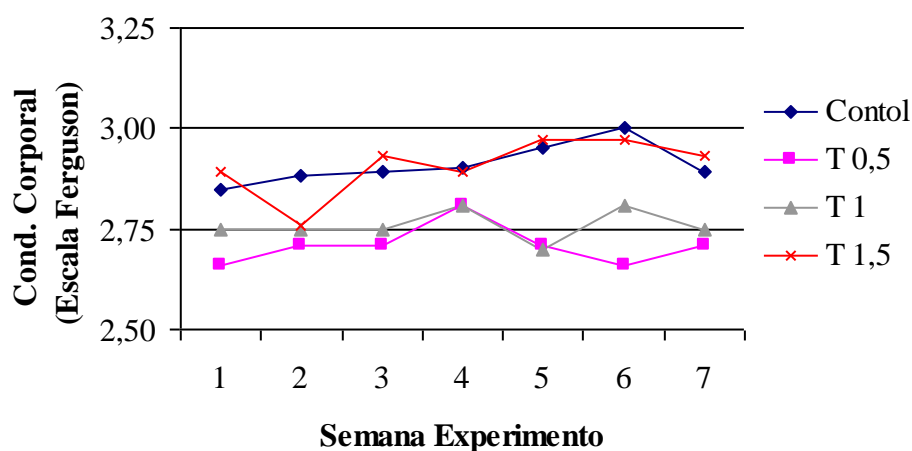
<b>Tratamiento</b>	<b>ENL (Mcal/kg leche)</b>
Control	0,65
T 0,5	0,66
T 1	0,64
T 1,5	0,62

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

El cuadro No. 11, muestra que no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

#### 4.4 CONDICIÓN CORPORAL

Figura No. 5: Condición corporal según semana de experimentación



Los resultados de las evoluciones de la concición corporal en el transcurrir de las distintas semanas del experimento, arrojan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las semanas (ver Anexo 2).

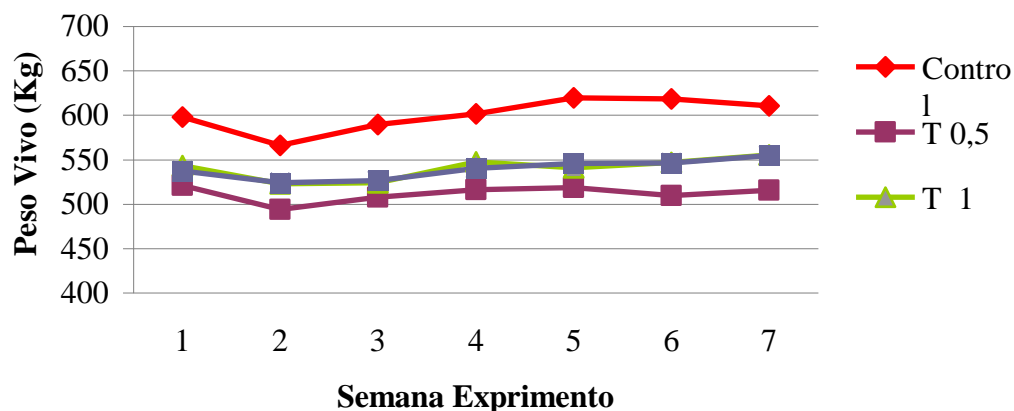
Cuadro No. 12: Condición corporal promedio por tratamiento

Tratamientos	CC
Control	2,88a
T 0,5	2,69a
T 1	2,74a
T 1,5	2,89a

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

## 4.5 PESO VIVO

Figura No. 6: Peso vivo según semana de experimentación



Cuando se observa la variación del peso vivo de los distintos tratamientos durante el período de experimentación, se puede ver que todos los tratamientos evolucionan de manera similar y que no hay diferencias significativas entre ellos (ver Anexo 3).

Cuadro No. 13: Peso promedio por tratamiento

Tratamientos	PV
Control	600,4 a
T 0,5	511,7 b
T 1	539,9 b
T 1,5	539,1 ab

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

Por otra parte cuando se realiza un promedio del peso vivo de cada tratamiento durante todo el período experimental, se ve que existieron diferencias significativas entre el control y el T 0,5 y T 1. Entre el control y el T 1,5 no hay diferencias significativas, así como tampoco las hay entre los tratamientos con glicerol.

## 5. DISCUSIÓN

Como lo indican los resultados de producción de leche expresados con anterioridad en el cuadro No. 5, no hay diferencias entre los tratamientos, lo que coincide con lo observado por Fisher et al. (1973), DeFrain et al. (2004), Ogborn (2006), Chung et al. (2007), Wang et al. (2009a), Lounglawan et al. (2011), los cuales tampoco encontraron diferencias en producción de leche con la inclusión de glicerol como suplemento energético.

A su vez, dichos resultados contrastan con lo experimentado por Bodarski et al. (2005), Echeverría et al. (2010), quienes reportaron aumentos de producción de leche con la inclusión de glicerol. Cabe aclarar que estos autores fueron los que utilizaron los niveles de glicerol con mayor similitud a los utilizados en el presente trabajo.

Cuando se realiza la cuantificación de la leche corregida por grasa, con el fin de comparar con mayor precisión la producción de leche entre los tratamientos, se ve (Cuadro No. 6) que tampoco se generan diferencias significativas entre los mismos, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Khalili (1997), donde no observó diferencias en los valores de leche corregida por grasa.

Por otra parte, también se cuantificó la producción calórica en leche (Cuadro No. 11) con la finalidad de conocer la cantidad de calorías destinadas a la producción de leche. Estos valores, a diferencia de los de leche corregida por grasa, nos permiten comparar todavía con mayor exactitud las diferencias en producción de leche entre los tratamientos, ya que toma en cuenta todos los sólidos producidos en la leche. Por otro lado, la leche corregida por grasa en su cálculo discrimina la proteína y la lactosa, considerando solamente la grasa. De todas formas, la producción calórica en leche muestra que no hay diferencias significativas entre los tratamientos, lo que determina que se destina la misma cantidad de energía a la producción de leche en cada tratamiento.

Los resultados de composición de la leche, tampoco arrojaron diferencias que se consideren de significancia tanto en los kilogramos de sólidos producidos, como en sus respectivas proporciones.

Por un lado, en lo que se refiere al contenido graso de la leche los resultados observados en el cuadro No. 7, muestran una tendencia a disminuir el porcentaje de grasa, lo que concuerda con DeFrain et al. (2004), Wang et al. (2009b), Echeverría et al. (2010), Lounglawan et al. (2011), aunque la mayoría no constataron diferencias que sean consideradas de significancia.

Respecto a la proteína, (Cuadro No. 8), no hay diferencias significativas entre los tratamientos, lo cual es acorde con prácticamente todos los autores, a excepción de Wang et al. (2009a), Bodarski et al. (2005), quienes reportaron una disminución y un aumento del porcentaje de proteína respectivamente con la inclusión creciente de



glicerol en la dieta. Esto era de esperarse por que a pesar de que hubieran existido diferencias en volumen de leche entre los distintos tratamientos, hecho que no sucedió, la proporción de proteína se hubiera mantenido prácticamente incambiada, sufriendo en los casos de mayor producción láctea una leve disminución por efecto dilución.

El porcentaje de lactosa (Cuadro No. 9) no experimentó variaciones, lo que coincide con lo expresado por todos los autores.

Por otra parte los resultados de urea en leche (Cuadro No. 10) concuerdan con los trabajos de DeFrain et al. (2004), Donkin et al. (2009) en donde la concentración de N como urea en leche disminuía a medida que aumentaba la dosis de glicerol. También concuerda con lo expresado por Acosta y Delucchi (2002), donde dietas altas en energía frecuentemente disminuyen la concentración de urea en leche.

En lo que se refiere al peso vivo y la condición corporal, el primero presentó diferencias consideradas significativas entre el tratamiento control y los tratamientos que incluían 0,5 litros y 1 litro de glicerol al realizar un promedio del peso vivo de los mismos tomando en cuenta todo el período de experimentación (Cuadro No. 13). Estas diferencias no se deben a la inclusión de glicerol, sino a que cuando comenzó el experimento las vacas del control ya presentaban un peso vivo mayor al resto de los tratamientos.

La condición corporal no mostró diferencias con la inclusión de distintas dosis de glicerol, estando de acuerdo con la mayoría de los autores (Cuadro No. 12).

Por otro lado, cuando se comparan los resultados obtenidos en el trabajo con las hipótesis de las cuales se parte en el mismo, se puede ver que dichos resultados las refutan. Estos indican que los tratamientos que incluyen glicerol en comparación con el control producen igual cantidad de leche, similar composición, y además tienen la misma evolución en peso vivo y condición corporal a lo largo de todo el período experimental.

Partiendo de la base de que todos los tratamientos tienen la misma dieta base, los tratamientos con glicerol tienen mayor contenido energético en la dieta con respecto al control, debido al agregado de las respectivas dosis de glicerol. A causa de esto surge el supuesto de que los tratamientos con glicerol producirían mayor cantidad de leche y con una tendencia a disminuir el porcentaje de grasa, siempre y cuando el consumo de la dieta base sea igual para todos los tratamientos y que por ende el agregado de glicerol tenga un efecto aditivo, generando un mayor consumo de energía.

Para analizar lo expuesto en el párrafo anterior se realizó un balance energético para los tratamientos.

Cuadro No. 14: Balance energético promedio

<b>Tratamiento</b>	<b>Consumo (Mcal/día)</b>	<b>Requerimientos (Mcal/día)</b>	<b>Balance</b>
Control	34,6	30,4	4,3
T 0,5	28,9	28,5	0,4
T 1	31,2	28,9	2,3
T 1,5	31,9	29,0	2,8

El balance energético considera valores de consumo y requerimientos que son un promedio de todas las semanas del experimento. Cabe aclarar que el consumo de energía fue obtenido del programa “Lecheras”, en el cual se considera la dieta administrada, tanto en sus componentes como en sus respectivas cantidades. En el caso de los requerimientos (ver Anexo 4), para su cálculo se utilizaron las fórmulas del NRC (2001), las cuales toman en cuenta la energía neta de lactación requerida para la producción de leche (volumen y porcentajes de grasa, proteína y lactosa), y la energía neta de mantenimiento, dentro de la cual se contempla el costo de cosecha y la actividad voluntaria (ver Anexo 5).

Cuando se analiza el cuadro No. 14, lo primero que se ve claramente es que los requerimientos del control para la producción de leche de las vacas pertenecientes al mismo son cubiertos con la dieta base administrada, por lo que su balance energético es positivo. Esto deja entrever que si la producción de leche es igual entre los tratamientos y con la dieta base no solo se cubren los requerimientos para dicha producción, sino que además se genera un excedente que se traduce en un aumento de la ganancia diaria de peso vivo y no en una mayor producción de leche, posiblemente las vacas estén produciendo su máximo biológico, y la partición de energía se destine a la ganancia de peso. Cabe aclarar que este máximo biológico no coincide con el potencial genético de las vacas utilizadas en el experimento, ya que en años anteriores su producción rondaba los 40 lts de leche por día. Esto pudo deberse a un mal manejo alimenticio pre-parto que condicionó la producción de leche durante la lactancia.

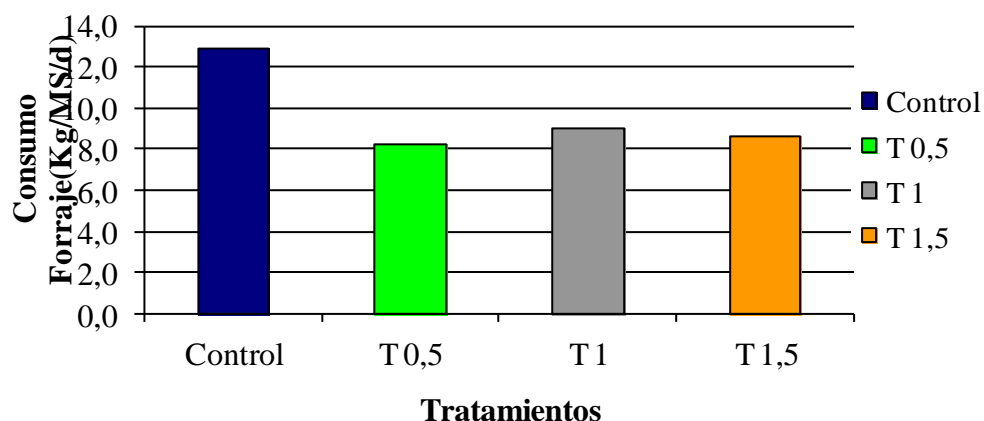
Siguiendo con esto, si la producción de leche está en su máximo biológico, y los requerimientos energéticos para dicha producción son cubiertos con la dieta base, y si los excedentes de energía se destinarían a ganancia de peso, se puede inferir que la adición del glicerol como concentrado energético en la dieta no generará un aumento de la producción de leche.

Luego, cuando se observan los consumos de energía, se puede ver que los mismos son similares. Esto contrasta con el supuesto mencionado con anterioridad, en el que los tratamientos con glicerol consumirían más energía que el control.

Teniendo en cuenta que durante el periodo experimental no se registraron rechazos de los alimentos suministrados en los corrales durante el encierro, para que los consumos de energía de los tratamientos sean similares entre sí, las vacas del control

deberían haber consumido mayor cantidad de pastura que las vacas de los tratamientos con glicerol. Para constatar esto se evaluó el consumo de pastura promedio de los tratamientos para todo el periodo experimental.

Figura No. 7: Consumo de forraje promedio

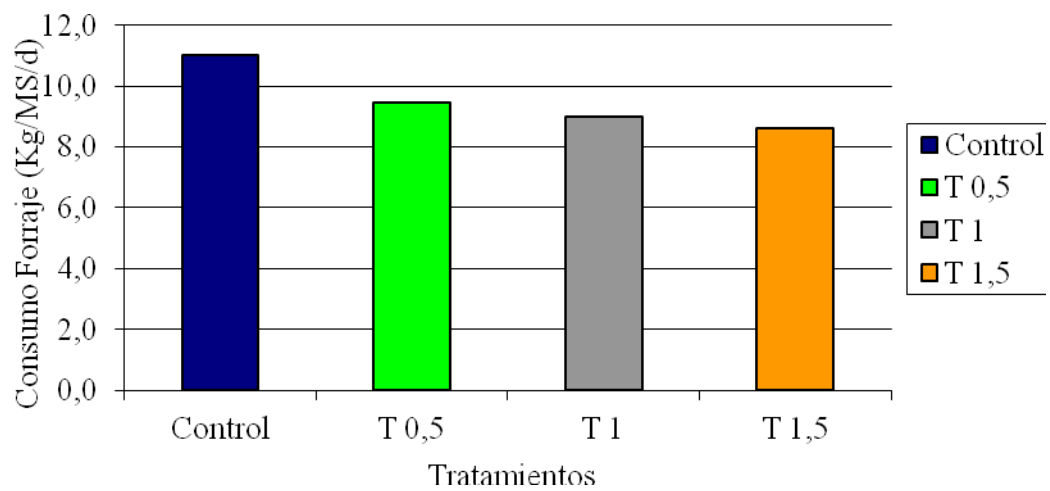


Con lecheras se calculó lo que aportaba de energía la dieta que se daba en estabulación para cada tratamiento, y se resto ésta a los requerimientos calculados para la variación de peso vivo registrada durante todo el periodo experimental. La diferencia en energía que arroja esta resta, es la energía que aporta el forraje, la cual pasada a Kg de materia seca es el consumo de pastura. La variación de peso vivo es calculada a partir de una regresión lineal de la curva del peso vivo semana a semana para todo el período experimental para cada tratamiento (ver anexo 6).

A partir del gráfico anterior se puede ver que el consumo de materia seca de la pradera disminuye con el aumento del glicerol en la dieta, lo que demuestra que la suplementación con glicerol generó un efecto de sustitución en la dieta, en el cual se deja de consumir forraje por consumir glicerol. El caso del T 0,5 pese a tener la menor dosis de glicerol del experimento, presenta un menor consumo de forraje que el resto de los tratamientos con glicerol (es decir mayor sustitución), debido a que el peso promedio de las vacas del tratamiento en cuastión durante el período experimental fue significativamente inferiores al resto.

Si se quita el efecto del peso vivo, y se llevan todas las vacas de cada tratamiento a un mismo peso vivo el gráfico de consumo de forraje promedio sería el siguiente:

Figura No. 8: Consumo de forraje promedio a igual peso vivo



## 6. CONCLUSIONES

La adición de niveles incrementales de glicerol en las condiciones experimentales en las que se llevó a cabo el trabajo, no generaron diferencias en la producción de leche. Esto quiere decir que no se observó ni un aumento de la producción pero tampoco una depresión de la misma, lo cual es importante ya que el alimento en estudio es relativamente nuevo en el sentido que hay pocos trabajos que utilicen el glicerol como un ingrediente importante de la dieta (más del 5% del total de la materia seca).

El aporte nutricional de la dieta base fue suficiente para alcanzar el potencial genético tanto de la producción de leche como del consumo de las vacas utilizadas en el trabajo. Como consecuencia de esto, la adición de glicerol generó una sustitución en el consumo de pastura por suplemento, y no se tradujo en un aumento de la producción de leche. De todas formas, este hecho se considera como positivo, ya que demuestra que el glicerol puede ser incluido como un componente de la dieta sin perjudicar la producción ni el estado sanitario de las vacas. A pesar de que el glicerol tiene un aporte de energía similar al del grano de maíz, los patrones fermentativos de ambos son distintos, siendo el glicerol fermentado a mayor velocidad. Esto implica que el glicerol pueda ser utilizado de manera estratégica en momentos donde la vaca requiere glucosa en mayores cantidades y donde exista la posibilidad de la ocurrencia de cetosis. Estos momentos serían en las primeras semanas de lactancia.

La composición de la leche no se vio modificada por el aporte de glicerol en la dieta, ya que las diferencias entre los tratamientos no fueron significativas. No obstante, el porcentaje de grasa mostró una tendencia a disminuir con el aumento de los niveles de glicerol.

El peso vivo no presentó cambios significativos, aunque se observó una tendencia al aumento del mismo, pero no a causa del agregado de glicerol sino a diferencias en la capacidad de consumo de las vacas de los distintos tratamientos.

En cuanto a la condición corporal, la misma tampoco registró diferencias significativas entre tratamientos.

## 7. RESUMEN

Con el objetivo de estudiar el efecto de niveles incrementales de glicerol crudo en la dieta de vacas Holando en lactancia temprana, sobre la producción y composición de la leche, además de la condición corporal y peso vivo, se llevó a cabo un experimento desde el 10 de octubre al 30 de noviembre del 2011 en la Estación Experimental Mario Antonio Cassinoni (E.E.M.A.C.), Facultad de Agronomía, Paysandú. Para su realización se utilizaron 24 vacas de las cuales 13 eran primíparas y 11 eran multíparas. El experimento se analizó según un diseño de bloques completos al azar, donde las unidades experimentales, los animales, fueron bloqueados en forma diferencial según se trate de vacas primíparas o multíparas. A su vez estas fueron bloqueadas según fecha de parición, días de lactancia, peso vivo y condición corporal. Se realizaron bloques homogéneos de 6 vacas cada uno, donde cada vaca se asignó al azar a un tratamiento. Durante el experimento las vacas eran ordeñadas a las 4:30 AM, y posteriormente se trasladaban a pastorear. Luego del pastoreo, se realizaba en horas de la tarde, 14:00 PM, el ordeño vespertino. Finalmente, luego del segundo ordeño las vacas eran enviadas a corrales individuales con alimento, agua y sombra, donde permanecían hasta el ordeño matutino. El pastoreo se efectuó sobre dos pasturas de primer año, una constituida por festuca, lotus y trébol blanco, y otra únicamente por festuca. La asignación fue de 40 kg/animal/día en parcelas de una semana de ocupación. La alimentación suministrada en los corrales consistió en 7 kg de una ración comercial, 12 kg de ensilaje de pastura, y el glicerol era agregado sobre la mezcla de ración y ensilaje. Lo que diferenció los tratamientos fue la cantidad de glicerol suministrado, 0 lts/animal/día, 0,5 lts/animal/día, 1 lts/animal/día, y 1,5 lts animal/día, para el tratamiento control, T0,5, T1 y T1,5 respectivamente. Las variables medidas en los animales fueron la producción de leche, sólidos en leche, peso vivo y condición corporal. Sobre la pastura se midió la disponibilidad de la misma a la entrada y salida de los animales de las distintas parcelas durante los distintos períodos de pastoreo. Además, en cada corte realizado para la estimación de la disponibilidad del forraje, se tomaron muestras para el análisis del mismo. Al ensilaje, la ración y el glicerol también se le efectuaron muestreos, en dos ocasiones, para el conocimiento de la composición química de los mismos. No existieron diferencias significativas en producción de leche entre los tratamientos. La producción de sólidos en leche tampoco presentó diferencias significativas, aunque se observó una tendencia a la disminución del porcentaje de grasa en leche con el aumento de los niveles de glicerol. En cuanto a la condición corporal y el peso vivo, los mismos no mostraron diferencias significativas.

Palabras clave: Glicerol; Vacas lecheras; Producción de leche; Suplementación

## 8. SUMMARY

With the objective of studying the effect of increasing amounts of crude glycerol supplementation on milk production, milk composition, body weight and body condition score of Holstein dairy cows in early lactation, an experiment was held from October 10<sup>th</sup> to November 30<sup>th</sup> in the Experimental Station Mario Antonio Cassinoni (E.E.M.A.C), Facultad de Agronomía, Paysandú. In order to carry out the experiment 24 cows were used from which 13 were primiparous and 11 were multiparous. The experiment was analyzed according to a design of complete blocks randomly arranged. The experimental units, the cows, were blocked in a different way depending on whether they were multiparous or primiparous. At the same time these were blocked by calving date, milk production, body weight and body condition score. Four homogeneous blocks were made with six cows in each one, and each cow was randomly assigned to a treatment. During the experiment cows were milked at 4:30 AM, and subsequently sent to graze. Later in the afternoon they were milked at 14:00 PM, and then sent to individual pens with food, water and shadow until the morning milking session. Grazing took place on two different pastures, one composed by fescue, white clover and lotus, and the other one only by fescue. Forage allowance was 40 kg animal/day in weekly plots. The food provided was : 7 kg animal/day of a commercial ration, 12 kg animal/day of silage, and the glycerol was added over the mixture of ration and silage. The difference between treatments was the amount of glycerol provided, 0 lts/animal/day, 0,5 lts/animal/day, 1 lt/animal/day, y 1,5 lts animal/day, for the control treatment, T0,5, T1 y T1,5 respectively. The measured variables on the animals were milk production, milk composition, body weight and body condition score. On the pasture, it was measured the availability of forage at the beginning and at the end of the grazing of each weekly plots. Also samples of the pastures were taken for being analyzed. Furthermore samples of silage, ration and glycerol were taken in two different moments for a chemical analysis. There were no statistically significant changes on milk production between treatments. The milk composition neither presented statistically significant differences, although a trend was observed to decrease the milk fat content with increasing amounts of glycerol. Body weight and body condition score showed no statistically differences.

Keywords: Glycerol; Dairy Cows; Milk Production; Supplementation.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. ACOSTA, Y.M.; DELUCCHI, M.I. 2002. Determinación de urea en leche. INIA. Documentos online no. 53. 6 p.
2. ALUR. s.f. Coproductos Glicerina. (en línea). Montevideo. 1 p. Consultado 14 ago. 2012. Disponible en <http://www.alur.com.uy/coproductos.html>
3. ASTIGARRAGA, L. 2011. Suplementación para la producción de leche. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 16 p. Consultado 27 feb. 2012. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PRODUCCION%20LECHERA/TEORICOS/09%20-%20Suplementacion%20para%20la%20produccion%20de%20leche.pdf>
4. BACH, A. 2005. El consumo de material seca en el vacuno lechero. (en línea). Frisona Española. 150: 44-48. Consultado 9 mar. 2012. Disponible en <http://62.174.80.130/articulos/n150/A15004.pdf>
5. BARGO, F.; BUSSO, F.; CORBELLINI, C.; TUÑÓN, G. s.f. La condición corporal de las vacas lecheras en transición en tambos argentinos, y su impacto sobre la producción de leche y la reproducción. (en línea). Buenos Aires, INTA. 2 p. Consultado 15 ago. 2012. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria\\_condicion\\_corporal/21-lecheras.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/21-lecheras.pdf)
6. \_\_\_\_\_; GRIGERA, J. 2005. Evaluación del estado corporal en vacas lecheras. (en línea). Buenos Aires, s.e. 8 p. (Informe técnico). Consultado 15 ago. 2012. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria\\_condicion\\_corporal/45-cc\\_lecheras.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/45-cc_lecheras.pdf)
7. BERGNER, H.; KIJORA, C.; CERESNAKOVA, Z.; SZAKACS, J. 1995. In vitro studies on glycerol transformation by rumen microorganisms. Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde. 48:245-256.



8. BODARSKI, R.; WERTELECKI, T.; BOMMER, F.; GOSIEWSKI, S. 2005. The changes of metabolic status and lactation performance in Dairy Cows under feeding TMR with glycerin (glycerol) supplement at periparturient period. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Animal Husbandry*. 8: 1-9.
9. CARVALHO, E.R.; DOANE, P.H.; DONKIN, S.S., SCHMELZ-ROBERTS, N.S.; WHITE, H.M. 2011. Replacing corn with glycerol in diets for transition dairy cows. (en línea). *Journal of Dairy Science*.94:908-916. Consultado 25 feb. 2012. Disponible en [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(11\)00037-3/fulltext](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(11)00037-3/fulltext)
10. CHUNG, Y.; RICO, D.E.; MARTINEZ, C.M.; CASSIDY, T.W.; NOIROT; AMES, A.; VARGA, G.A. 2007. Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. *Journal of Dairy Science*. 90: 5682–5691.
11. DEFRAIN, 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: 4195–4206.
12. DONKIN, S.; DOANE, P. 2007. Glycerol as a feed ingredient in dairy rations. Indiana, USA, Purdue University. pp. 97-103.
13. \_\_\_\_\_.; KOSER, S.L.; WHITE, H.; DOANE, H.; CECAVA, J. 2009. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 92: 5111–5119.
14. DRACKLEY, J.K. 2007. Glycerin as a potential feed ingredient for dairy cattle. (en línea). Illinois, University of Illinois. 3 p. (Illini Dairy Net). Consultado 24 feb. 2012. Disponible en <http://www.livestocktrail.illinois.edu/uploads/dairynet/papers/2007%20dd%20Glycerin.pdf>
15. ECHEVERRÍA, W.; MACKINNON, L.; ALEJANDRO, F.; RÓTULO, J.P. 2010. Efecto de la inclusión de niveles crecientes de glicerol en la dieta de vacas

lecheras, sobre la producción y composición de la leche. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 56 p.

16. Estructura de la glándula mamaria. s.f. (en línea). Buenos Aires. Consultado 24 feb. 2012. Disponible en [http://www.agrobit.com/Info\\_tecnica/Ganaderia/prod\\_lechera/GA000019pr.htm](http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Ganaderia/prod_lechera/GA000019pr.htm)
17. FAJARDO, M.; FIOL, G. 2010. Impacto de la separación de vacas y vaquillonas de parto de otoño sobre la performance productiva y reproductiva en los sistemas de producción de leche con diferentes niveles de suplementación en forma colectiva. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 90 p.
18. FEDERACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL (FEDNA). s.f. Glicerina-85%. Ingredientes para piensos. (en línea). Madrid. 3 p. Consultado 28 feb. 2012. Disponible en [http://fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/glicerina-85](http://fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/glicerina-85)
19. FERRARO, S.M.; MENDOZA, G.D.; MIRANDA, L.A.; GUTIÉRREZ C.G. 2009. In vitro gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. *Animal Feed Science and Technology*. 154: 112–118.
20. FISHER, L.J.; ERFLE, J.D.; LODGE, G.; SAUER, F.D. 1973. Effects of propylene glycol as glycerol supplementation of the diet of dairy cows on feed intake, milk yield and composition, and incidence of ketosis. *Canadian Journal of Animal Science*. 53(2):289-296.
21. GALLARDO, M. s.f. Concentrados y subproductos para la alimentación de rumiantes. (en línea). Santa Fe, INTA Rafaela. 10 p. Consultado 28 feb. 2012. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/TEORICOS/Tema%20.%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. GLAUBER, C. 2007. Fisiología de la lactación en la vaca lechera. (en línea). Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. 3 p. Consultado 15 ago. 2012. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar/>
24. GOFF, J.P.; HORST, R.L. 2001. Oral glycerol as an aid in the treatment of ketosis / fatty liver complex. *Journal of Dairy Science*.84 (Suppl. 1):153. (Abstr.).
25. HIPPEN, A.; DEFRAIN, J.; LINKE, P. 2008. Glycerol and other energy sources for metabolism and production of transition dairy cows. *In: Florida Ruminant Nutrition Symposium (19°, 2008, Best Western Gateway Grand Gainesville, Florida)*. Proceedings. s.n.t. s.p.
26. KERTZ, A. 2007. Manejo y alimentación de la vaca lactante. (en línea). *In: Primavera. Hoard's Dairyman en español*. s.n.t. pp. 701-709. Consultado 24 feb. 2012. Disponible en <http://www.andhil.com/HDespanolLactatingCowsJan07.pdf>
27. KHALILI, H.; VARVIKKO, T.; TOIVONEN, V.; HISSA, K.; SUVITIE, M. 1997. The effects of added glycerol or unprotected free fatty acids or a combination of the two on silage intake, milk production, rumen fermentation and diet digestibility in cows given grass silage based diets. *Agricultural and Food Science in Finland*. 6: 349-362.
28. LOUNGLAWAN, P.; LOUNGLAWAN, W.; WISITIPORM, S. 2011. Effects of feeding glycerol to lactating dairy cows on milk production and composition. (en línea). *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 80: 481-483. Consultado 24 feb. 2012. Disponible en <http://www.waset.org/journals/waset/v80/v80-91.pdf>
29. MAIZTEGUI, J. s.f. Necesidades nutritivas del ganado vacuno lechero. Resumen del NRC 2001. (en línea). Santa Fe, Facultad de Ciencias Veterinarias. 14 p. Consultado 15 ago. 2012. Disponible en

<http://www.fcv.unl.edu.ar/archivos/grado/catedras/nutricionrumiantes/informacion/material/Necesidadesnutritivasdelganadovacunolechero.pdf>

30. MANTEROLA, H. s.f. Manejo nutricional y composición de la leche. El desafío de incrementar los sólidos totales en leche. (en línea). Santiago de Chile, Universidad de Chile. pp. 1-11. Consultado 29 feb. 2012. Disponible en <http://www.uchile.cl/>
31. Metabolismo de carbohidratos en vacas lecheras. s.f. (en línea). Buenos Aires. 1 p. Consultado 27 feb. 2012. Disponible en [http://www.agrobit.com/Info\\_tecnica/Ganaderia/prod\\_lechera/GA000010pr.htm](http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Ganaderia/prod_lechera/GA000010pr.htm)
32. OGBORN, K.L. 2006. Effects of method of delivery of glycerol on performance and metabolism of Dairy Cows during the transition period. Thesis Degree of Master of Science. New York City, USA. Cornell University. 90 p.
33. QUINTERO, M.; OLIVERA, M.; ROSERO, R. 2011. Metabolismo energético en vacas durante la lactancia temprana y el efecto de la suplementación con grasa protegida. (en línea). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 24(1): 74-82. Consultado 23 feb. 2012. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/produccion\\_bovina\\_leche/175-grasa\\_protegida.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/175-grasa_protegida.pdf)
34. REARTE, D.H. 1992. Alimentación y composición de la leche en los sistemas pastoriles. Balcarce, Cerbas/INTA. 94 p.
35. REGUEIRO, M. 2011. Fisiología de la lactación. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 25 p. Consultado 24 feb. 2012. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/AFA/TEORICOS/18%20-%20Lactacion,%20calostro%20y%20eyccion%20de%20la%20leche.pdf>
36. RÉMOND, B.; SOUDAYUA, E.; JOUANY, J.P. 1993. In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes. Animal Feed Science and Technology. 41:121-132.

37. SALVADOR, A.; ROMERO, L. s.f. Anatomía y fisiología de la glándula mamaria. (en línea). Méjico, D.F., UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. p. 31. Consultado 23 feb. 2012. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/produccion\\_bovina\\_leche/110-anatomia.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/110-anatomia.pdf)
38. 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.
39. TRABUE, S.; SCOGGIN, K.; TJANDRAKUSUMA, S.; RASMUSSEN, M.; REILLY, P. 2007. Ruminal fermentation of propylene glycol and glycerol. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55: 7043-7051.
40. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. 2011. Curso de producción lechera. (en línea). Montevideo. 54 p. Consultado 24 feb. 2012. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PRODUCCION%20LECHERA/TEORICOS/13%20-%20Manejo%20de%20la%20alimentacion%20para%20modificar%20la%20composicion%20quimica%20de%20la%20leche.pdf>
41. WANG, C.; LIU, Q.; YANG, W.Z.; HUO, W.J.; DONG, K.H.; HUANG, Y.X.; YANG, X.M.; HE, D.C. 2009a. Effects of glycerol on lactation performance, energy balance and metabolites in early lactation Holstein dairy cows. Animal Feed Science and Technology. 151: 12-20.
42. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; HUO, W.J.; YANG W.Z.; DONG K.H.; HUANG Y.X.; GUO, G. 2009b. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. Livestock Science. 121: 15-20.
43. WATTIAUX, M. s.f. Secreción de leche por la ubre de una vaca lechera. (en línea). Madison, Wisconsin, Universidad de Wisconsin. pp. 79-81. Consultado 23 feb. 2012. Disponible en [http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de\\_20.es.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_20.es.pdf)

10. ANEXOS

ANEXO 1: Evolución de la producción de leche en litros por tartamio según semana del experimento.

<b>Semana</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Prod. Leche</b>
1	Control	29,9abc
	T 0,5	28,7abc
	T 1	28,5abc
	T 1,5	27,8abc
2	Control	28,3abc
	T 0,5	25,1abc
	T 1	27,2abc
	T 1,5	28,1abc
3	Control	29,6abc
	T 0,5	30,3abc
	T 1	30,8a
	T 1,5	32,5a
4	Control	27,4abc
	T 0,5	27,8abc
	T 1	28,9abc
	T 1,5	29,7abc
5	Control	31,2a
	T 0,5	28,6abc
	T 1	28,9abc
	T 1,5	30,9ab
6	Control	26,5abc
	T 0,5	25,0abc
	T 1	25,0abc
	T 1,5	25,4abc
7	Control	24,1abc
	T 0,5	21,5bc
	T 1	22,7c
	T 1,5	26,0abc

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

ANEXO 2: Evolución de la condición corporal (Escala Ferguson) por tratamiento según semana del experimento.

Semana	Tratamiento	CC
1	Control	2,85a
	T 0,5	2,66a
	T 1	2,75a
	T 1,5	2,89a
2	Control	2,88a
	T 0,5	2,71a
	T 1	2,75a
	T 1,5	2,76a
3	Control	2,89a
	T 0,5	2,71a
	T 1	2,75a
	T 1,5	2,93a
4	Control	2,9a
	T 0,5	2,81a
	T 1	2,81a
	T 1,5	2,89a
5	Control	2,95a
	T 0,5	2,71a
	T 1	2,70a
	T 1,5	2,97a
6	Control	3,00a
	T 0,5	2,66a
	T 1	2,81a
	T 1,5	2,97a
7	Control	2,89a
	T 0,5	2,71a
	T 1	2,75a
	T 1,5	2,93a

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

ANEXO 3: Evolución del peso vivo en Kg. por tratamiento según semana del experimento.

Semana	Tratamiento	Peso Vivo
1	Control	598ace
	T 0,5	521bcde
	T 1	543bcde
	T 1,5	537abcd
2	Control	566bdf
	T 0,5	494d
	T 1	522d
	T 1,5	524abcd
3	Control	590abcd
	T 0,5	508cdf
	T 1	524d
	T 1,5	527abcd
4	Control	601abcd
	T 0,5	516abcd
	T 1	547abcd
	T 1,5	540abcd
5	Control	619a
	T 0,5	519bcde
	T 1	541bcde
	T 1,5	546abcd
6	Control	618ab
	T 0,5	509bcde
	T 1	547abcd
	T 1,5	546abcd
7	Control	611abc
	T 0,5	515bcde
	T 1	555abcd
	T 1,5	555abcd

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



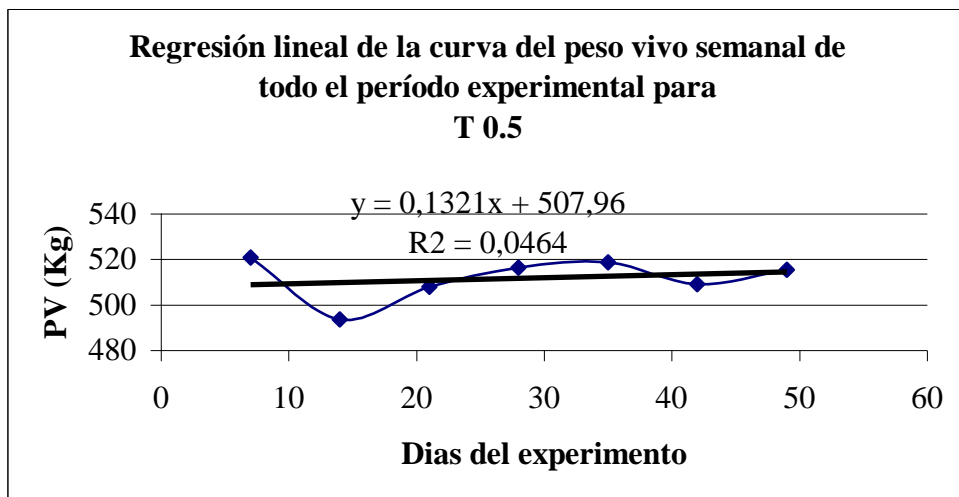
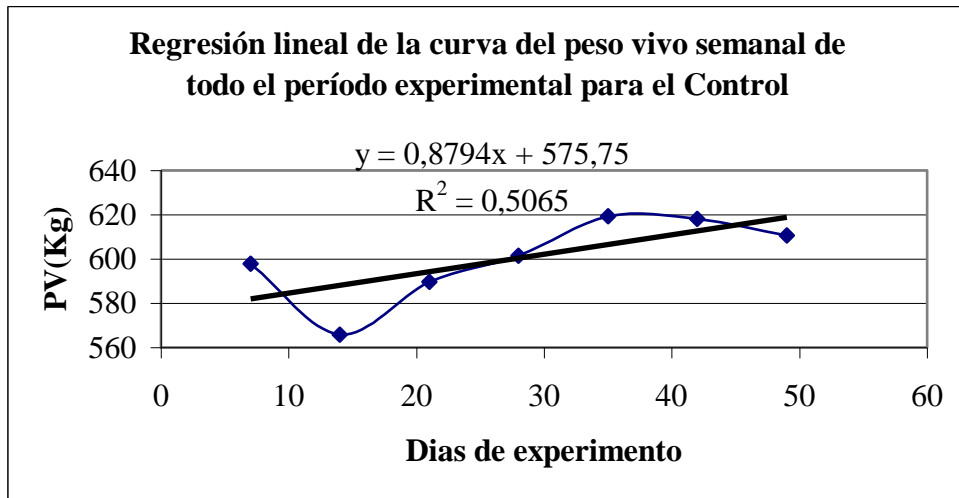
ANEXO 4: Requerimientos Totales

<b>Semana</b>	<b>Trat.</b>	<b>ENL (Mcal)</b>	<b>Mantenimiento (Mcal)</b>	<b>Actividad (Mcal)</b>	<b>Pastoreo (Mcal)</b>	<b>Requerimientos Totales (Mcal)/ENL/día</b>
1	Control	19,48	9,67	1,08	0,72	30,94
	T 0,5	19,82	8,72	0,94	0,62	30,10
	T 1	18,86	9,00	0,98	0,65	29,48
	T 1,5	17,37	8,93	0,97	0,64	27,91
2	Control	19,31	9,28	1,02	0,68	30,29
	T 0,5	17,74	8,38	0,89	0,59	27,59
	T 1	18,20	8,74	0,94	0,63	28,51
	T 1,5	18,64	8,76	0,94	0,63	28,96
3	Control	19,63	9,57	1,06	0,71	30,97
	T 0,5	20,99	8,56	0,91	0,61	31,07
	T 1	20,67	8,76	0,94	0,63	31,00
	T 1,5	21,12	8,79	0,95	0,63	31,49
4	Control	18,20	9,72	1,08	0,72	29,72
	T 0,5	19,09	8,67	0,93	0,62	29,30
	T 1	19,60	9,05	0,99	0,66	30,30
	T 1,5	19,54	8,97	0,97	0,65	30,13
5	Control	21,02	9,93	1,11	0,74	32,81
	T 0,5	18,89	8,70	0,93	0,62	29,15
	T 1	18,38	8,97	0,97	0,65	28,97
	T 1,5	19,98	9,03	0,98	0,65	30,64
6	Control	18,03	9,92	1,11	0,74	29,80
	T 0,5	17,54	8,57	0,92	0,61	27,64
	T 1	16,70	9,04	0,98	0,66	27,38
	T 1,5	16,42	9,04	0,98	0,66	27,09
7	Control	16,45	9,83	1,10	0,73	28,11
	T 0,5	14,49	8,65	0,93	0,62	24,69
	T 1	15,56	9,15	1,00	0,67	26,38
	T 1,5	17,24	9,14	1,00	0,67	28,05

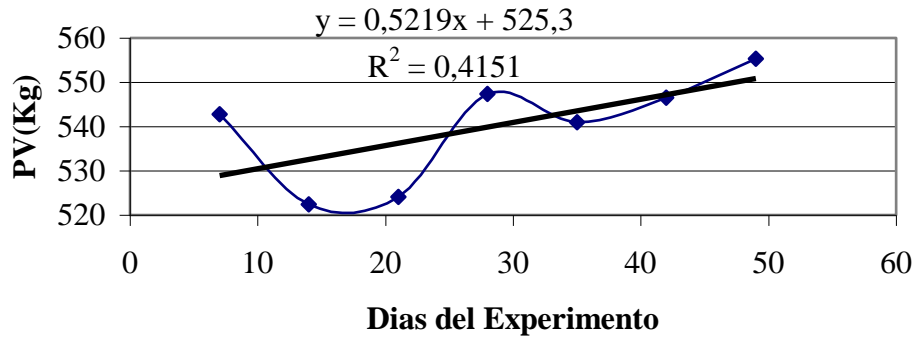
ANEXO 5: Fórmulas NRC, para cálculo requerimientos

<b>ENL (Mcal/Kg.)</b>	$0,0929 \times \% \text{ GB} + 0,0547 \times \% \text{ PB} + 0,0395 \times \% \text{ Lactosa}$
<b>Mantenimiento (Mcal ENL/d)</b>	$0,08 \times \text{PV} ^{0,75}$
<b>Actividad(Mcal/Kg. PV)</b>	$0,00045 * \text{Km. caminado}(4 \text{ Km. Diarios})$
<b>Pastoreo (Mcal)</b>	$0,0012 * \text{PV}$

ANEXO 6: Regresión lineal de la curva del peso vivo semanal a semana para todo el período experimental para cada tratamiento.



**Regresión lineal de la curva del peso vivo semanal de todo el período experimental para T 1**



**Regresión lineal de la curva del peso vivo semanal de todo el período experimental para T 1.5**

