

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE NIVELES CRECIENTES DE GLICEROL EN
LA DIETA DE VACAS LECHERAS, SOBRE LA PRODUCCIÓN Y
COMPOSICIÓN DE LA LECHE**

por

**Rafael ECHEVERRÍA WILSON
Alejandro Fabián MACKINNON LAURNAGA
Juan Pablo RÓTULO FONTANA**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2010**

Tesis aprobada por:

Directores:

Ing. Agr. PhD. Pablo Chilibroste

Ing. Agr. M.Sc. Diego A. Mattiauda

Ing. Agr. Juan Chilibroste

Fecha: 1 de octubre de 2010

Autores:

Rafael Echeverría Wilson

Alejandro Fabián Mackinnon Lurnaga

Juan Pablo Rótulo Fontana

AGRADECIMIENTOS

A la estación experimental Mario A. Cassinoni, por permitir el uso de su infraestructura para la realización del trabajo.

A todo el personal de la EEMAC y en especial a la gente del tambo, quienes directa o indirectamente colaboraron con este trabajo.

A Pablo Chilbroste, quien confió en nosotros para llevar acabo este trabajo, tuvo las palabras justas de aliento para seguir adelante, y nos brindo conocimientos y tiempo de atención en una agenda bastante agitada.

A Oscar Bentancour, por su paciencia y ayuda con el procesamiento de los datos para efectuar la parte estadística del trabajo.

A Lourdes con quien compartimos muchas de las instancias en los trabajos de campo, y fue parte importante en la realización de este trabajo.

A la Lic. Sully Toledo, quien nos brindo la información necesaria para efectuar la parte escrita del trabajo.

A BIOGRAN quien nos proporcionó el glicerol que se les suministro a los animales.

A nuestros colegas tesisistas, con quienes compartimos tantos momentos imposibles de olvidar.

A todos muchísimas gracias!!!!!!!!!!

DEDICADO A:

Nuestros padres y madres, pilares fundamentales en la realización de la carrera. Sin su permanente presencia, cariño y apoyo incondicional pensamos que hubiera sido mas engorroso nuestra formación como profesionales.

A Zair Elena Fontana, quien lucho incansablemente para poder estar presente en este momento pero la vida le jugo una mala pasada, sin los valores y la educación que ella me brindó no hubiera sido lo mismo.

A Don Luciano y Doña Zair, personas incambiables en mi vida, de los que he aprendido mucho, y son parte importante en mi formación.

RAFAEL:

Este trabajo se lo dedico a mis padres por su apoyo constante e incondicional, a mi Felipe y Mariana, a mis abuelos presentes y los que ya no me pueden acompañar, pero siempre están presentes en mi memoria.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>GLICEROL</u>	3
2.1.1. <u>Características del glicerol</u>	3
2.1.2. <u>Metabolización del glicerol a nivel ruminal</u>	4
2.2. <u>PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA LECHE</u>	7
2.2.1. <u>Efecto de la alimentación con concentrados energéticos en la composición de la leche</u>	8
2.2.2. <u>Diferencias entre multíparas y primíparas</u>	8
2.2.3. <u>Suplementación con glicerol</u>	9
2.2.3.1. Antecedentes de suplementación.....	9
2.2.3.2. Diferentes resultados con la suplementación.....	10
2.2.3.3. Consumo.....	11
2.2.3.4. Peso vivo (PV) y condición corporal (CC)....	12
2.3. <u>SÍNTESIS</u>	12
2.4. <u>HIPÓTESIS</u>	13
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	14
3.1. <u>LOCALIZACIÓN</u>	14
3.2. <u>PERÍODO EXPERIMENTAL</u>	14
3.3. <u>ANIMALES</u>	14
3.4. <u>TRATAMIENTOS</u>	14
3.4.1. <u>Dieta base</u>	14
3.5. <u>ALIMENTOS</u>	15
3.5.1. <u>Pasturas</u>	15
3.5.1.1. Primera etapa.....	15
3.5.2. <u>Suplemento</u>	15
3.5.2.1. Primera etapa.....	15
3.5.2.2. Segunda etapa.....	15
3.5.3. <u>Glicerol</u>	16
3.6. <u>MANEJO</u>	16
3.7. <u>DETERMINACIONES</u>	16

3.7.1	<u>En la pastura</u>	16
3.7.2	<u>En los suplementos</u>	17
3.7.3	<u>En los animales</u>	17
3.8.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO..	18
3.8.1.	<u>Producción y composición de leche</u>	18
3.8.2.	<u>Estado corporal y peso vivo</u>	19
3.8.3.	<u>Comportamiento ingestivo grupal</u>	19
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	21
4.1.	CARACTERÍSTICAS DE LOS ALIMENTOS.....	21
4.1.1.	<u>Composición química de la glicerol</u>	21
4.1.2.	<u>Composición de la dieta</u>	21
4.1.3.	<u>Composición química de la dieta</u>	23
4.1.4.	<u>Estimación del consumo en pastoreo</u>	24
4.2.	PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE.....	25
4.2.1.	<u>Producción y composición de leche en pastoreo</u>	28
4.2.1.1.	Producción de leche.....	28
4.2.1.2.	Porcentaje y producción de grasa.....	32
4.2.1.3.	Porcentaje y producción de proteína.....	33
4.2.1.4.	Porcentaje de lactosa.....	34
4.2.1.5.	Síntesis del pastoreo.....	35
4.2.2.	<u>Producción y composición de leche en el encierro</u> ..	36
4.2.2.1.	Producción de leche.....	36
4.2.2.2.	Porcentaje y producción de grasa.....	39
4.2.2.3.	Porcentaje y producción de proteína.....	40
4.2.2.4.	Porcentaje de lactosa.....	41
4.2.2.5.	Síntesis del encierro.....	41
4.2.3.	<u>Síntesis</u>	42
4.3.	COMPORTAMIENTO EN PASTOREO.....	43
4.4.	CONDICIÓN CORPORAL Y PESO VIVO.....	45
4.4.1.	<u>Condición corporal</u>	45
4.4.2.	<u>Peso vivo</u>	46
4.5.	SÍNTESIS GENERAL.....	48
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	50
6.	<u>RESUMEN</u>	51
7.	<u>SUMMARY</u>	53
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	55

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Composición del glicerol, dependiendo de la pureza (Schröder y Südekum, citados por Hippen et al., 2008).....	3
2. Descripción de los tratamientos.....	15
3. Composición química del glicerol.....	21
4. Descripción de los tratamientos.....	21
5. Características de las pasturas.....	22
6. Composición química de los alimentos.....	23
7. Producción por Tratamiento.....	26
8. Leche corregida por grasa para cada tratamiento.....	27
9. Porcentaje de grasa por Tratamiento.....	28
10. Respuesta del suplemento en pastoreo por tratamiento.....	29
11. Respuesta del suplemento por Tratamiento según número de parición.....	31
12. Porcentaje y producción de Grasa por tratamiento.....	31
13. Porcentaje de Grasa por tratamiento según número de parición.....	33
14. Producción de Grasa por tratamiento según número de parición en Kg de grasa/lt. de leche.....	33
15. Porcentaje y producción de Proteína por tratamiento.....	33
16. Porcentaje de Proteína por tratamiento según número de parición.....	34
17. Porcentaje de Lactosa por tratamiento.....	35
18. Respuesta del suplemento por Tratamiento en encierro.....	37
19. Respuesta del suplemento por Tratamiento según número de parición.....	39
20. Porcentaje y producción de Grasa por tratamiento.....	39
21. Porcentaje de Grasa por tratamiento según número de parición.....	40
22. Producción de grasa (kg) por tratamiento según número de parición.....	40
23. Porcentaje y producción de Proteína por tratamiento.....	41
24. Porcentaje de Proteína por tratamiento según número de parición.....	41
25. Porcentaje de Lactosa por tratamiento.....	42
26. Probabilidad encontrar vacas en actividad de pastoreo en promedio.....	43
27. Condición Corporal promedio por tratamientos.....	45
28. Condición Corporal promedio para todos tratamientos	

y según número de parición.....	46
29. Peso Vivo promedio por tratamiento.....	47
30. Peso Vivo promedio para todos tratamientos y según número de parición.....	47
31. Síntesis de los resultados.....	49

Gráfico No.

1. Asignación de forraje.....	22
2. Estimación del consumo en pastoreo.....	24
3. Consumo en encierro.....	25
4. Producción de leche promedio por tratamiento.....	25
5. Evolución de la producción promedio por tratamiento.....	27
6. Producción de leche promedio por tratamiento en pastoreo.	29
7. Evolución de la producción promedio por tratamiento.....	30
8. Evolución de la respuesta promedio por tratamiento.....	30
9. Producción promedio por tratamiento según número de paridad.....	31
10. Evolución del porcentaje de grasa por tratamiento.....	32
11. Evolución del porcentaje proteína por tratamiento	34
12. Producción promedio por tratamiento en encierro	36
13. Evolución de la producción promedio por tratamiento.....	37
14. Evolución de la respuesta promedio por tratamiento.....	38
15. Producción promedio por tratamiento según número de parición.....	38
16. Probabilidad encontrar vacas en actividad de pastoreo en el día.....	44
17. Evolución de la CC promedio por Tratamiento.....	45
18. Evolución del Peso Vivo promedio por Tratamiento.....	47

1. INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción de leche del Uruguay la base de la dieta esta constituida por pasturas plurianuales y/o verdeos estacionales. Este tipo de dieta hace que tanto la producción como la composición de leche se vean afectadas por los cambios en calidad y/o cantidad que se originan principalmente en las pasturas.

Estos cambios poseen importancia debido a que el precio de la leche se fija de acuerdo a su composición, grasa y proteína, y su calidad higiénica y sanitaria.

Para contrarrestar las disminuciones en la producción, es que continuamente en los sistemas lecheros del país, se buscan alternativas de suplementación energética, que puedan generar cambios en la cantidad y calidad de la leche y a su vez hagan al sistema más eficiente desde el punto de vista productivo.

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

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 Donkin et al., 2009), y es subproducto principal del proceso de la fermentación del etanol (Michnick et al., citados por Donkin et al., 2009).

Ya en la década de 1950, el glicerol se usaba para tratar la cetosis en las vacas lecheras (Johnson et al., citados por Hippen et al., 2008). Aunque la investigación es muy limitada, en la actualidad se está usando el glicerol como ingrediente de la alimentación para ganado lechero tratando de sustituir fuentes de energía tales como maíz.

Con el interés de evaluar el efecto del nivel de inclusión de diferentes cantidades de glicerol en la alimentación, sobre la producción y composición de la leche de vacas Holando en mitad de la lactancia, y de generar información a nivel nacional, se llevo a cabo este trabajo.

El objetivo general de este trabajo es determinar si la suplementación con glicerol a vacas en mitad de lactancia logra aumentos en la producción y composición de leche, variación en condición corporal y peso vivo.

Como objetivos específicos se planteo, estudiar el efecto de la inclusión de glicerol en la dieta, en producción y composición de leche. Estimar el comportamiento en pastoreo y evaluar el peso vivo y la condición corporal.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. GLICEROL

2.1.1. Características del glicerol

El glicerol 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., 2009a).

Cuadro No. 1: Composición del glicerol, dependiendo de la pureza (Schröder y Südekum, citados por Hippen et al., 2008).

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

El contenido de metanol en el glicerol crudo debe ser inferior a 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).

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).

Schröder y Südekum, citados por Hippen et al. (2008) en dos experimentos, determinaron la conveniencia del glicerol como fuente de energía en la dieta de los rumiantes, usando cuatro novillos fistulados en un experimento, suministrándole a cada animal 0,9 Kg. de glicerol y capones en el

otro, suministrando tres concentraciones diferentes de glicerol, 10, 15 y 20 % de la MS total.

Se presentan ciertas preocupaciones potenciales de toxicidad, porque el glicerol de calidad de consumo animal contiene ciertas cantidades de metanol. Dicho alcohol puede ser tóxico, aunque las bacterias ruminales pueden detoxificarlo (Dickrell, citado por Galvani, s.f.).

El metanol es un alcohol tóxico en monogástricos generando problemas renales y cegueras, pero las bacterias ruminales de los poligástricos pueden detoxificarlo (cuando el nivel de inclusión de glicerol no supere el 10% de la MS, con un contenido de metanol de 1,3 a 26,7%) lo cual implica que su contenido no es una limitante para su consumo pero si lo es en los terneros prerumiantes (Drackley, s.f.).

2.1.2. Metabolización del glicerol a nivel ruminal

En el proceso de fermentación a nivel ruminal el glicerol se reduce a ácidos grasos volátiles. Los primeros estudios de la fermentación del glicerol indicaron que éste fue fermentado casi enteramente a propiónico (Johns et al., Garton et al., citados por Donkin y Doane, 2007).

Otros trabajos indican un aumento en los ácidos acético y propiónico (Wright, citado por Donkin y Doane, 2007) o aumentos de los ácidos propiónico y butírico (Czerkawski y Breckenridge, citados por Donkin y Doane, 2007).

Khalili et al. (1997) también encontró que dietas con glicerol alteraron el tipo de fermentación ruminal, la proporción molar de acético disminuyó, y las proporciones de propiónico, butírico y valerato aumentaron.

En estudios realizados "In Vitro" la fermentación del glicerol usando como inóculo fluidos del rumen de las vacas adaptadas a la alimentación con glicerol, indicaron producción creciente de propiónico y de butírico a expensas del acético (Rémond et al., 1993).

Según Ferraro et al. (2009) la fermentación del glicerol provocó una reducción del acético, un leve aumento en el propiónico y un incremento en la cantidad de butírico.

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 disminuyó

linealmente, mientras que la concentración de AGV a nivel ruminal aumentó linealmente con el aumento en la suplementación de glicerol. La proporción molar de acético no fue afectada, mientras que las proporciones de propiónico y butírico aumentaron linealmente con el aumento del glicerol (Wang et al., 2009a).

Según Hippen et al. (2008) resultados de estudios de la fermentación "In vitro" e "In vivo" indican que el glicerol es rápidamente fermentable, y dependiendo cual sea la dieta de las vacas, aumentará propiónico y butírico en líquido ruminal.

Estudios realizados usando el glicerol marcado con C¹⁴ indican que la mayor parte del glicerol fue encontrado en el propiónico. Existen informes que sugieren que una porción del glicerol que entra en el rumen puede ser absorbida directamente (Rémond et al., 1993).

El glicerol se puede convertir en glucosa en el hígado y los riñones (Krebs y Lund, citados por Wang et al., 2009b) proporcionando energía para el metabolismo celular.

En el rumen de vacas fistuladas, estabuladas y alimentadas con ración y glicerol (25 mM), después de dos horas de haber suministrado la mezcla apareció ácido láctico (Trabue et al., 2007).

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).

Según estudios realizados por Rémond et al. (1993) los índices máximos de desaparición del glicerol en rumen, determinado 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.

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

Según Donkin y Doane (2007) al aumentar la demanda de glucosa, como es el caso de vacas lactantes, la absorción de glicerol se iguala con la producción de propiónico mediante la fermentación ruminal.

El carbono de la glucosa se puede suministrar por el propiónico o puede ser suministrado por los aminoácidos glucogénicos (Bergman y Pell, citados por Khalili et al., 1997).

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., 2009a)

Khalili et al. (1997) coinciden con Hippen et al. (2008) quienes reportaron que la inclusión de glicerol en las dietas como suplemento no alteró significativamente la digestibilidad.

Según Hippen et al. (2008) la alimentación con glicerol no afectó la digestibilidad de la dieta, pero disminuyó la relación acético/ propiónico. También se notaron aumentos de la concentración ruminal de butirato y estimula la ingesta de agua. Estos cambios podrían ser 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., 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 digestibilidad de la materia seca (MS) y MO aumentó con la adición de glicerol a la dieta. No hubo diferencias en el consumo de MS o MO. La digestibilidad de la MS respondió cuadráticamente a la sustitución de maíz con glicerol. El consumo de fibra detergente neutro (FDN) disminuyó linealmente con la adición de glicerol a la dieta y, aunque hubo una tendencia general de glicerol para reducir la digestibilidad de FDN, esta respuesta fue lineal. La digestibilidad de nitrógeno mostró una respuesta cuadrática al aumentar la inclusión de glicerol en la dieta (Donkin et al., 2009).

Roger et al. (1992) estudiando el efecto del glicerol en el crecimiento, adhesión y actividad celulolítica de dos especies de bacterias celulolíticas del rumen, "*Ruminococcus flavefaciens*", "*Fibrobacter succinogenes*", y de una especie de hongo anaeróbico, "*Neocallimastix frontalis*", encontró que con bajas concentraciones (0,1-1%) el glicerol no tuvo efectos sobre el crecimiento, adhesión y actividad celulolítica de las dos especies de bacterias. Sin embargo, a concentraciones del 5%, inhibe su crecimiento y la actividad celulolítica. Tampoco encontró efecto del glicerol en la adhesión de las bacterias a la

celulosa. El crecimiento y la actividad celulolítica de "*N. frontalis*" fueron inhibidas por el glicerol, de manera creciente a mayores concentraciones. A una concentración del 5% de la MS total, el glicerol inhibió totalmente la actividad celulolítica del hongo. De esta manera Roger et al. (1992) afirman que, se puede adicionar glicerol a la alimentación animal en bajas concentraciones.

El glicerol afecta la concentración de protozoarios en rumen, disminuye el número de protozoarios holotriches (tipo de protozoario que se encuentra en el rumen) (Khalili et al., 1997).

2.2. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA LECHE

Según Rearte (1992) la cantidad de leche que puede ser sintetizada por la glándula mamaria depende de la concentración de precursores que por el flujo sanguíneo lleguen a esta, la eficiencia de captación de estos precursores y de las tasas de síntesis de los principales componentes.

Los componentes más importantes en determinar el volumen de leche producido son los minerales y la lactosa, por ser estos los componentes osmóticos más activos en la leche, debido a esto son los que presentan menor variación en la leche (Oldham et al., citados por Acosta et al., 2001).

Sutton, citado por Acosta et al. (2001) coincide con Oldham et al., citados por Acosta et al. (2001) en que la lactosa es el principal componente activo osmótico de la leche y que su concentración es muy difícil de cambiar. Es sintetizada por la glándula mamaria a partir de glucosa y galactosa.

En relación a la grasa, es el componente dentro de la leche que presenta la mayor variación. Los precursores para sintetizarla provienen de la dieta y de reservas corporales (Rearte, 1992).

La glándula mamaria a partir de los aminoácidos disponibles en el plasma sanguíneo es la encargada de sintetizar aproximadamente el 90% de las proteínas de la leche (Rearte, 1992).

Según Rearte (1992) bajo sistemas pastoriles, los valores promedios de los distintos componentes de la leche son: minerales 0.7%, lactosa 4.6%, proteína 2.9% y grasa 3.2-3.3%.

2.2.1. Efecto de la alimentación con concentrados energéticos en la composición de la leche

Los efectos de la suplementación con concentrados sobre la composición de la 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).

La contribución del forraje al mantenimiento del porcentaje de grasa de la leche, reside en su contenido de fibra. El efecto mejorador de la fibra sobre la síntesis de grasa se debe a su composición química, una mezcla de celulosa y hemicelulosa como principal sustrato fermentecible, y a su estructura física (Rearte, 1992).

A medida que aumentan los niveles de concentrado en la dieta, los principales efectos son: una disminución del pH en el líquido ruminal y un cambio en el tipo de fermentación, favoreciéndose la producción de ácido propiónico en detrimento de los ácidos acético y butírico (Rearte, 1992).

La caída de la grasa en la leche puede estar asociada al incremento de precursores glucogénicos en la forma de ácido propiónico en rumen o de almidón en duodeno, y a un descenso en la disponibilidad de precursores lipogénicos, entendiéndose ácido acético y butírico en rumen (Rearte, 1992).

La disminución de acético y butírico en rumen afectará la síntesis de grasa, ya que ambos constituyen los principales precursores de la síntesis de novo de los ácidos grasos de cadena corta y media, que tienen lugar en la glándula mamaria (Davis y Brown, citados por Rearte, 1992).

Una alta producción de propionato favorecería la síntesis de glucosa en el hígado a partir de dicho metabolito, disminuyendo la gluconeogénesis a partir de aminoácidos, quedando estos disponibles en una mayor cantidad para ser utilizados por la glándula mamaria en la síntesis de proteína de la leche. El aumento en la síntesis de glucosa y la disponibilidad de aminoácidos favorece también la síntesis de lactosa, con el consiguiente aumento en la producción de leche (Annison, citado por Rearte, 1992).

2.2.2. Diferencias entre multíparas y primíparas

Las diferencias en producción entre primíparas y multíparas en términos relativos varían entre autores, encontrándose valores entre 12 y 17% de diferencia en producción a los 305 días, siendo las mayores diferencias entre la

primera y cuarta o quinta lactancia con valores de hasta un 30% (Fajardo y Fiol, 2010).

2.2.3. Suplementación con glicerol

2.2.3.1. Antecedentes de suplementación

Ya en la década de 1950, el glicerol se usaba para tratar la cetosis en las vacas lecheras a través de empapar por vía oral, la alimentación con concentrados, o ambos, con una dosis relativamente grande (Johnson et al., citados por Hippen et al., 2008).

El uso del glicerol en el tratamiento de la cetosis era divulgado desde 1954 (Johnson et al., citados por Donkin y Doane, 2007) y la evaluación del glicerol como tratamiento de la cetosis fue explorada más a fondo en los años 70 (Fisher et al., citados por Donkin y Doane, 2007). Los niveles de la inclusión del glicerol en esos estudios estaban entre 150 y 472 grs./día/animal (Khalili et al. 1997, Fisher et al., citados por Donkin y Doane 2007).

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

Más recientemente, el glicerol se ha reexaminado como ayuda preventiva para los problemas metabólicos asociados a las vacas en la transición (Goff y Horst, citados por Hippen, 2008) utilizaron hasta 3 litros en el tratamiento y la prevención de la cetosis, y DeFrain et al. (2004) suministró con 0.86 kg/día a ganados lecheros en la transición.

Aunque estos estudios demuestren el valor potencial del glicerol como fuente de energía en el tratamiento de la cetosis, no tratan el valor potencial de éste para usarlo como ingrediente primario de la alimentación en las raciones suministradas en la lactancia de vacas lecheras (Donkin et al., 2009).

Según Donkin et al. (2009) existen pocos estudios para los que las tasas de alimentación con glicerol se acercaron a 5% o más de la ración en base seca. Schröder y Südekum, citados por Donkin et al. (2009) suministraron dietas que contienen 10 % de glicerol para el ganado lechero, de hecho reemplazaron a más de la mitad del almidón en la dieta, sin afectar

negativamente el consumo, la digestibilidad ruminal, síntesis microbiana ruminal, o el total de la digestibilidad de nutrientes en el tracto de los rumiantes.

Según Chung et al. (2007) la glicerina se ha suministrado a las vacas lecheras primíparas (DeFrain et al. 2004, Fisher et al., Ogborn, citados por Chung et al. 2007) o las vacas en principios de la lactancia (Fisher et al., citados por Donkin y Doane, 2007) o en mitad de la lactancia (Khalili et al., 1997) como un suplemento de energía más que como un ingrediente de alimento importante.

2.2.3.2. Diferentes resultados con la suplementación

Alimentación con dietas que contenían un 3,6 % de glicerol en vacas lecheras en la mitad de la lactancia, no tuvo ningún efecto sobre la producción de leche, o la composición de la leche (Khalili et al., 1997).

Según DeFrain et al. (2004), no hubo efecto en la producción de leche cuando se suplementaron vacas Holstein primíparas y multíparas estabuladas, con 0,86 kg por día, o 5,4 % de la ración en base seca.

Wang et al. (2009b) reportaron que hay diferencias en producción de leche cuando se suplementa con glicerol hasta 300 grs./día. La proporción de grasa tiende a disminuir. También disminuye el porcentaje de proteína linealmente a medida que se incrementa el glicerol en la dieta. La lactosa no se vio afectada por la suplementación con glicerol.

Chung et al. (2007) suplementando vacas holando a razón de 250 g/día de glicerina seca (162.5 grs./día de glicerol) durante las tres primeras semanas post parto, al igual que DeFrain et al. (2004), tampoco encontraron respuestas en producción de leche. Si notaron aumentos en la producción en la tercer semana después de terminada la suplementación con glicerina seca. El porcentaje de grasa en la leche presentó una tendencia a disminuir más fuertemente en vacas suplementadas con glicerol.

Bodarski et al., citados por Donkin et al. (2009) alimentando por un período más prolongado que Chung et al. (2007), desde 3 semanas antes del parto hasta 70 días después, con 500 ml de glicerol al día, o 3.1% de la ración en base seca, encontró que la suplementación provocó un aumento en la producción de leche y el contenido de proteínas en la leche.

Donkin et al. (2009) encontró que no hay diferencias en producción de leche cuando sustituyó al grano de maíz por glicerol a razón de 0, 5, 10 y 15%

de la materia seca que consumían las vacas, así como tampoco en la composición de leche. Sí encontró diferencias en la concentración de nitrógeno como urea en la leche que disminuyó a medida que se incrementaba la dosis de glicerol.

La conversión del alimento no presentó variación entre los diferentes tratamientos durante los 56 días del experimento (Donkin et al., 2009).

Chung et al. (2007) en el experimento donde suplementaron vacas holando durante tres semanas con glicerina seca, encontró una tendencia hacia una mayor eficiencia de conversión del alimento en leche, durante el período de la sexta semana. Esta eficiencia más alta fue notoria durante la semana 4 a 6 de lactancia, después de que la suplementación con glicerina finalizara.

Vacas suplementadas con glicerol mostraron un estado de energía más positivo durante la segunda semana de la lactancia, indicando una mayor concentración de glucosa en plasma (Chung et al., 2007).

Según Wang et al. (2009b) 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.

2.2.3.3. Consumo

Khalili et al. (1997) al igual que Chung et al. (2007), Wang et al. (2009b), no encontraron diferencia significativa por el efecto de suplementar con glicerol en el consumo de materia seca.

Vacas suplementadas con glicerol durante el pre-parto disminuyeron un 17% el consumo de materia seca respecto al control, no hubo diferencias entre los distintos tratamientos con diferentes niveles de inclusión de glicerol en la dieta. Tampoco se encontraron diferencias en el periodo post-parto (DeFrain et al., 2004).

Donkin et al. (2009) encontró que no existen diferencias en el consumo de materia seca cuando sustituía al grano de maíz por glicerol a razón de 0, 5, 10 y 15 % de la materia seca que consumían las vacas.

2.2.3.4. Peso vivo (PV) y condición corporal (CC)

Vacas que se les suministró 374 grs./día de glicerol perdieron menos peso y mantuvieron un equilibrio energético más positivo que vacas que fueron suplementadas con 174 grs./día de glicerol (Fisher et al., citados por Wang et al., 2009b).

Las vacas suplementadas con glicerol tuvieron una tendencia a una menor pérdida de peso corporal en comparación con las que no fueron suplementadas (Wang et al., 2009b).

DeFrain et al. (2004) al igual que Chung et al. (2007), no encontraron diferencias significativas en peso y condición corporal, 21 días antes del parto fueron similares entre los tratamientos. Posparto la condición corporal no fue afectada por la inclusión de glicerol en la dieta.

El peso vivo aumentó cuando se sustituyó al grano de maíz en la dieta por glicerol en concentraciones de 10 y 15% de la materia seca en comparación al 0 y 5% de glicerol. La condición corporal en cambio no mostró diferencias entre los diferentes niveles de suplementación con glicerol (Donkin et al., 2009).

En conjunto, estos experimentos indican que el glicerol puede ser agregado a las dietas para vacas lactantes, sin efectos nocivos. Sin embargo, el límite superior de la inclusión de glicerol no ha sido dilucidado (Donkin et al., 2009).

2.3. SÍNTESIS

Existen una cantidad importante de trabajos, efectuados a nivel internacional, que realmente fueron fundamentales como antecedentes para la elaboración de este trabajo.

Los primeros, efectuados por Johnson, se reportan a la década de 1950, usando al glicerol como medio de control para la cetosis.

Fisher en la década de 1970 siguió la misma línea de investigación de Johnson y uso al glicerol como medio de control en la cetosis.

En la década de 1990, ya se empezaron a perfilar los trabajos para la alimentación de rumiantes y fue Remond en el año 1993 que empezó con los estudios del glicerol a nivel ruminal.

Los primeros trabajos encontrados que usaron el glicerol, como alimento de rumiantes, recién se encuentran a fines esta década.

Casi la totalidad de los autores concluyen en sus trabajos que existe efecto del glicerol en la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), aumentando el propiónico en detrimento de los demás y ponen al glicerol como un eficiente sustituto de alimentos energéticos como el maíz.

Roger et al. (1992) sugiere que la inclusión del glicerol a más del 5% del total de la MS puede disminuir la digestibilidad de la fibra, debido a un cambio en la flora ruminal.

Chung et al. (2007), Wang et al. (2009b), Bodarski et al., citados por Donkin et al. (2009), Donkin et al. (2009) sugieren que, estos cambios a nivel ruminal podrían estar actuando positivamente en el aumento de la producción de leche.

2.4. 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 porcentaje de proteína y Lactosa se mantendrán, y el porcentaje de grasa disminuirá.
- 3) Al aumentar los niveles de glicerol en la dieta se espera un aumento de peso y condición corporal.
- 4) Las vacas suplementadas con glicerol dedicaran igual tiempo al pastoreo que las vacas que no se suplementen.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

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 3, departamento de Paysandú.

3.2. PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se llevó a cabo durante el invierno de 2009, entre el 15 de junio y el 31 de julio. Este se realizó en 2 etapas, en la primer etapa que fue desde el 15 de junio al 19 de julio los animales pastorearon en la mañana y en la tarde se encerraron suministrando ensilaje de planta entera de sorgo. En la segunda etapa que fue desde el 20 de julio hasta el fin del experimento se encerraron los animales definitivamente, sacándolos solo para el ordeño. Durante la primera semana (de adaptación) no se realizaron determinaciones, comenzando éstas la segunda semana.

3.3. ANIMALES

Se utilizaron 48 animales paridos entre el 9/03 y 3/05, la mitad eran de primera lactancia y el resto de más de una lactancia.

Los animales fueron bloqueados según número de lactancia, fecha de parto, producción de leche, peso vivo y estado corporal. Se realizaron bloques de cuatro vacas cada uno, donde cada vaca se asignó al azar a uno de los siguientes tratamientos.

3.4. TRATAMIENTOS

Los tratamientos se diferenciaron según la cantidad de glicerol suministrada.

3.4.1. Dieta base

Primera etapa: Pasturas anuales y plurianuales + 4,4 Kg. de MS de ración comercial + 6,4 de MS/animal/día de ensilaje de sorgo planta entera.

Segunda etapa: 11,2 Kg. de MS/animal/día de ensilaje de sorgo planta entera + 3,4 Kg. de MS/animal/día de ración comercial + 1,4 Kg/animal/día de expeller de soja.

Las unidades están expresadas en base tal cual ofrecido.

Cuadro No. 2: Descripción de los tratamientos

Testigo	Dieta Base
T7	Dieta Base + 600 ml/animal/día de Glicerol
T14	Dieta Base + 1200 ml/animal/día de Glicerol
T21	Dieta Base + 1800 ml/animal/día de Glicerol

3.5. ALIMENTOS

3.5.1. Pasturas

3.5.1.1. Primera etapa

El ensayo se realizó sobre verdeos anuales (*Avena bizantina*) en el potrero 23 y sobre praderas permanentes de festuca (*Festuca arundinacea*), lotus (*Lotus corniculatus*) y trébol blanco (*Trifolium repens*), ubicadas en los potreros 9, 21 y 26 de la unidad de lechería de la EEMAC.

3.5.2. Suplemento

3.5.2.1. Primera etapa

Todos los animales del ensayo fueron suplementados con 6,4 Kg de MS/animal/día de ensilaje de sorgo, 4,4 Kg. de MS/animal/día de concentrado CALPA (18% proteína cruda) y 100 grs. de mezcla Bovigold®/NaCl 60/40.

3.5.2.2. Segunda etapa

A partir del día 20 de julio los animales fueron suplementados con 11,2 Kg de MS/animal/día de ensilaje de sorgo, 3,4 Kg. de MS/animal/día de

concentrado CALPA (18% proteína cruda) y 2,8 Kg. de MS/animal/día de expeller de soja y 100 grs. de mezcla Bovigold®/NaCl 60/40.

Para el aporte de fibra se les suministro fardos de moha (*Setaria italica*).

3.5.3. Glicerol

A los animales del ensayo se les suministró el glicerol en los comederos de la sala de ordeño mezclado con el concentrado de CALPA, según el tratamiento asignado.

3.6. MANEJO

El pastoreo se realizó en parcelas, las cuales, a criterio del encargado del tambo, se determinaba el número de días de ocupación.

Durante la sesión de pastoreo, que comenzaba a las 8:15 hs. (aproximadamente) y finalizaba a las 14:15 hs. (aproximadamente), los animales pastoreaban todos juntos, permaneciendo juntos durante los traslados y los ordeños.

Las vacas se ordeñaban 2 veces al día a las 5 hs. y a las 15 hs., recibiendo en cada ordeño 2,2 Kg. de MS de concentrado y glicerol según el tratamiento (primera etapa), y 1,7 kg. de MS de concentrado, 0,7 Kg. de MS de expeller de soja y glicerol según tratamiento (segunda etapa).

El ensilaje de sorgo fue suministrado en comederos compartidos, donde todos los animales se alimentaban a la vez.

3.7. DETERMINACIONES

3.7.1 En la pastura

En la pastura se realizaron determinaciones de disponibilidad y rechazo de forraje para cuantificar el consumo por animal, a través del método de doble muestreo. Se marcaron 3 diferentes escalas (1, 2 y 3) de disponibilidad, haciendo 3 repeticiones por escala. En cada una de ellas se registraron las alturas en cinco puntos (vértices y centro), con regla y sin perturbar la pastura. Posteriormente se recorrió cada parcela en zig-zag y se realizaron 150 (aprox.) observaciones, asignándole valores a cada una.

Luego el forraje de cada cuadro fue cortado al ras del suelo con tijera para ser pesado en fresco, secado en estufa durante 48 horas a 60 °C y pesado en seco con el objetivo de determinar su materia seca. Con los datos de materia seca que se obtuvieron anteriormente se ajusta una curva de regresión lineal, relacionando el valor de cada escala con la cantidad de escalas observadas en la parcela, determinándose así la materia seca disponible por hectárea. El material seco se molió para un posterior análisis químico.

Dada la heterogeneidad de la pasturas en las diferentes parcelas de pastoreo, cuando las medidas realizadas no fueron confiables, se utilizó el consumo que trae el modelo de “Lecheras” (Acosta, 2007).

3.7.2. En los suplementos

Una vez por semana se tomaron muestras representativas de los alimentos ofrecidos para efectuar un análisis químico y estimar: MS, MO, PC, FDN y FDA.

Las muestras fueron llevadas a laboratorio para secarlas y almacenarlas para el posterior análisis químico.

3.7.3. En los animales

Los días 8, 26 y 43 del experimento se determinaron peso vivo y estado corporal (escala 1-5) de los animales.

Tres días por semana se midió la producción de leche en ambos ordeñes y un día a la semana (miércoles) se tomaron muestras para estudiar la composición de la misma (grasa, proteína y lactosa).

Luego de tomadas las muestras, en el laboratorio se homogeneizaron las mismas colocándolas a “baño maría” a una temperatura de 37 °C durante 10 minutos, se realizaron alícuotas representativas a la producción de cada ordeño para hacer una muestra compuesta por vaca, que se conservó con bicromato de potasio para su posterior envío al laboratorio para analizar su composición química.

Los días martes y jueves de cada semana se hicieron mediciones de comportamiento grupal del rodeo (animales pastoreando/animales totales), esta medición se realizó cada 15 minutos.

Con estos datos se estimó luego, la probabilidad de pastoreo por tratamiento durante toda la sesión de pastoreo de la siguiente forma:

$$\text{Prob. Past} = \frac{\text{No. animales pastoreando}}{\text{No. animales totales}}$$

Este cálculo se realizó para cada medición tomada cada 15 minutos para poder cuantificar el efecto de los diferentes tratamientos sobre el tiempo de pastoreo.

3.8. 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 cuatro vacas cada uno, donde cada vaca se asignó al azar a un tratamiento. En cada tratamiento había seis vacas primíparas y seis multíparas.

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

3.8.1. 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.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \rho_j + \beta_k(\rho_j) + (\alpha\rho)_{ij} + E_{ijk} + PI + S_m(P_i) + (\alpha S)_{im}(P_i) + (\rho S)_{jm}(P_i) + (\alpha\rho S)_{ijm}(P_i) + E_{ijklm}$$

i: 1,2,3,4

j: 1,2

k: 1,2,3,4,.....,12

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

donde:

μ : es la media general.

α_i : es el efecto del i-ésimo tratamiento.

ρ_j : es el efecto de la j-ésimo No. lactancia.

P_l : es el efecto del l-ésimo período

$S_m(P_l)$ es el efecto de la m-ésima semana dentro del l-ésimo período.

$\beta_k(\rho_j)$: es el efecto anidado del bloque dentro de lactancia.

$(\alpha\rho)_{ij}$: es la interacción tratamiento por lactancia.

$(\alpha S)_{il}$: es la interacción tratamiento por semana.

$(\rho S)_{jl}$: es la interacción No. lactancia por semana.

$(\alpha\rho S)_{ijl}$: es la interacción tratamiento por No. lactancia por semana.

E_{ijk} : error experimental (entre vacas).

E_{ijkl} : error experimental entre medidas repetidas.

3.8.2. 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.

La diferencia para esta variable fue el número de mediciones utilizadas, siendo tanto para peso vivo como para condición corporal 3 mediciones.

l: 1,2,3

3.8.3. Comportamiento ingestivo grupal

Se ajustaron modelos lineales generalizados asumiendo que; la variable número de vacas realizando una actividad en relación al número de vacas totales, tuvo distribución binomial.

El modelo estadístico tuvo la siguiente forma general:

$$\ln \left(\frac{p}{1-p} \right) = \beta_0 + \tau_i + \gamma_j + (\tau\gamma)_{ij}$$

i: 1,2,3,4

j: 1,2,3,4,5

Donde:

p : es la probabilidad de ocurrencia de determinada actividad
 β_0 : es el intercepto
 τ_i : es el efecto del i-ésimo tratamiento
 γ_j : es el efecto del j-ésimo día de medición
 $(\tau\gamma)_{ij}$: es la interacción entre tratamiento y día

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ALIMENTOS

4.1.1. Composición química del glicerol

A continuación se presenta la información obtenida en el análisis químico del glicerol utilizado en el experimento.

Cuadro No. 3: Composición química del glicerol

Humedad (%)	3,7 ± 0,4
Cenizas (%)	6,6 ± 0,4
Grasa (%)	1,0 ± 0,2
Nitrógeno Total (%)	0,1 ± 0,01
Metanol (%)	21,1 ± 0,7
Glicerol (g/100g)	31,14 ± 2

Del análisis de la glicerol se desprende que la cantidad de metanol presente en él es elevada y se corresponde según Schröder y Südekum, citados por Hippen et al. (2008) con una baja pureza del glicerol.

Cuadro No. 4: Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Consumo
Testigo	Glicerol a razón de 0 grs./animal/día.
T7	Glicerol a razón de 224 grs./animal/día.
T14	Glicerol a razón de 448 grs/animal/día.
T21	Glicerol a razón de 673 grs/animal/día.

En el cuadro anterior se muestra cuanto de glicerol había en el suplemento suministrado a los animales. El suplemento contenía un 31,14% de glicerol y la densidad del suplemento es de 1,2 Kg./lt. Las dosis de glicerol puro suministradas fueron: 224, 448 y 673 grs./animal/día para los tratamientos T7, T14 y T21 respectivamente. Hallando la cantidad de glicerol suministrada se trata de comparar este trabajo con los trabajos citados en la revisión bibliográfica.

4.1.2. Composición de la dieta

A continuación se presentan algunos de los atributos de las pasturas en donde los animales estuvieron en el primer periodo, el de pastoreo.

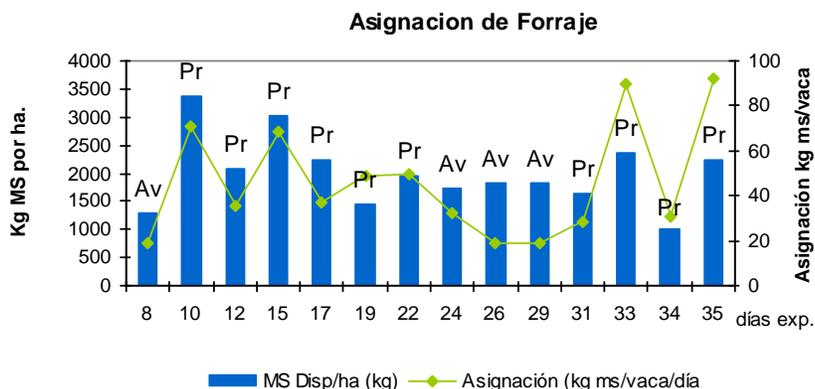
Cuadro No. 5: Características de las pasturas

Pastura	Avena	Pradera
MS Disponible (kg/ha)	1567 ± 275	2232 ± 676
Asignación (kg MS/vaca/día)	21,3 ± 4,2	52,1 ± 21,4
Altura del disponible (cm)	7,6 ± 1,5	8,8 ± 2,8
% de MS	24,3±3,7	50,7±1,4

Según se ve en el cuadro antes mostrado, la festuca presentó mayor cantidad de MS disponible que la avena, pudiendo deberse esto a que la avena ya había sido pastoreada y el régimen pluviométrico en la estación experimental había sido escaso.

La diferencia en la asignación puede deberse a la mayor disponibilidad de la festuca o que el área con festuca era mayor. A su vez el porcentaje de materia seca en la festuca también es mayor, $50,7 \pm 1,4\%$ contra $24,3 \pm 3,7\%$ que tenía la avena. Estos indicadores también pueden estar relacionados a la diferente disponibilidad observada entre las dos pasturas y/o los restos secos acumulados en sucesivos pastoreos.

Gráfico No. 1: Asignación de forraje



Tanto los valores de mayor disponibilidad en kilogramos de MS como los de menor disponibilidad se dan en la pradera. Esto lleva a que en la pradera se dan las mayores variaciones en disponibilidad de MS. Con respecto a la asignación de forraje se puede ver que la mayor se dio en la pradera el día 33 del experimento y que la mínima asignación se dio en la avena el día 8 del experimento.

4.1.3. Composición química de la dieta

Cuadro No. 6: Composición química de los alimentos

Observaciones	Pradera	Avena	Ensilaje de sorgo	Ración	Expeller de Soja
%M.S.	91,0	90,1	37,4	86,6	93,2
%Materia Orgánica	88,8	90,0	93,9	79,8	93,6
%Proteína	11,0	22,7	9,1	18,5	44,0
%FDA	41,0	22,7	20,8	13,7	6,5
%FDN	63,5	32,0	37,9	25,3	8,5

Según la biblioteca de alimentos del programa “Lecheras”, los resultados del análisis para la pradera (cuadro No. 6) no se corresponden con los datos analíticos que se presentan para pradera en el programa.

Los datos del análisis de la pradera donde pastorearon las vacas se corresponden según el “lecheras” con un campo natural mejorado y no con una pradera de cuarto año.

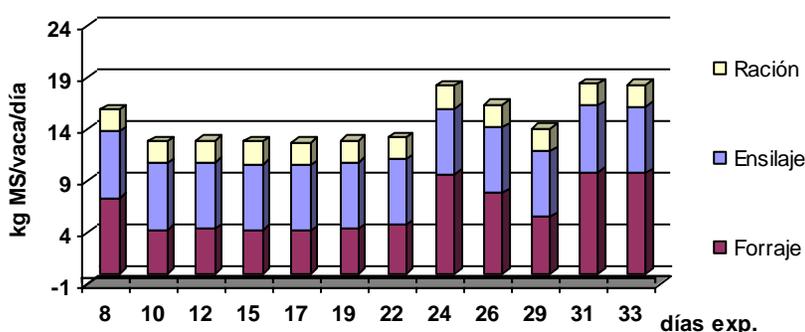
Los datos de % de materia seca de la pradera que consumieron las vacas podrían estar muy influenciados por la cantidad de restos secos que había, debido a un sub-pastoreo de la misma o a la composición de esta, la cual estaba compuesta en su mayor parte por festuca y stipa. El dato de materia seca es el que menos se correlaciona con el dato del programa.

Los datos de proteína, FDA y FDN del alimento se corresponden con los datos de campo natural mejorado y no con los datos de pradera. Los datos de la avena tampoco concuerdan mucho con los datos del “Lecheras”, pudiendo variar en su mayor parte debido a las condiciones climáticas reinantes en ese momento.

En cuanto al análisis del expeller de soja, este presentó un buen nivel de proteína, pero presenta 14,5 y 9,5 puntos porcentuales menos de FDN y FDA respectivamente, en relación al programa “lecheras”.

4.1.4. Estimación del consumo en pastoreo

Gráfico No. 2: Estimación del consumo en pastoreo



Los mayores valores de consumo de forraje se dan en su mayoría los días que los animales están en la avena.

El consumo estimado está calculado con el modelo de consumo que trae el programa "Lecheras".

Que los mayores consumos se den en la avena no deja de llamar la atención debido a que se entiende que la avena posee mayor valor nutricional que la pradera que había en ese momento.

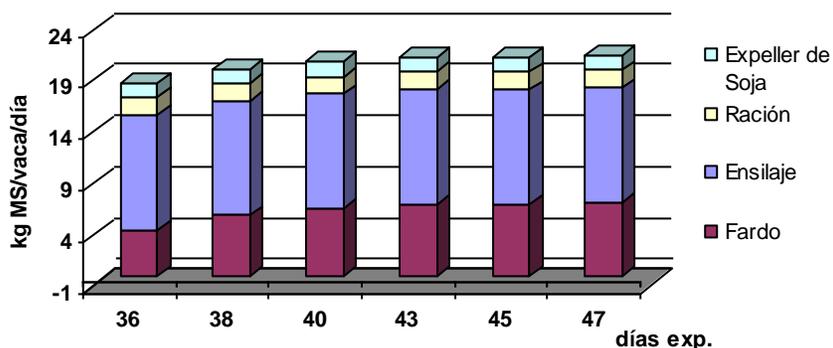
Al tener más valor nutricional en Mcal./Kg. de alimento, los animales comiendo menos ya llegarían a cubrir los requerimientos, cosa que no parece ocurrir en este caso.

La avena posee mayor palatabilidad y digestibilidad, condiciones que pueden estar actuando positivamente para que aumente el consumo, por una cuestión de preferencia por el alimento y una mayor tasa de pasaje.

Todas las condiciones antes nombradas no se daban en la pradera, motivo por el cual se piensa que se puede haber condicionado el consumo de alimento.

Los aumentos en consumo en pastoreo se dan por un aumento en el consumo de MS de forraje, ya que los demás datos permanecen invariables.

Gráfico No. 3: Consumo en encierro

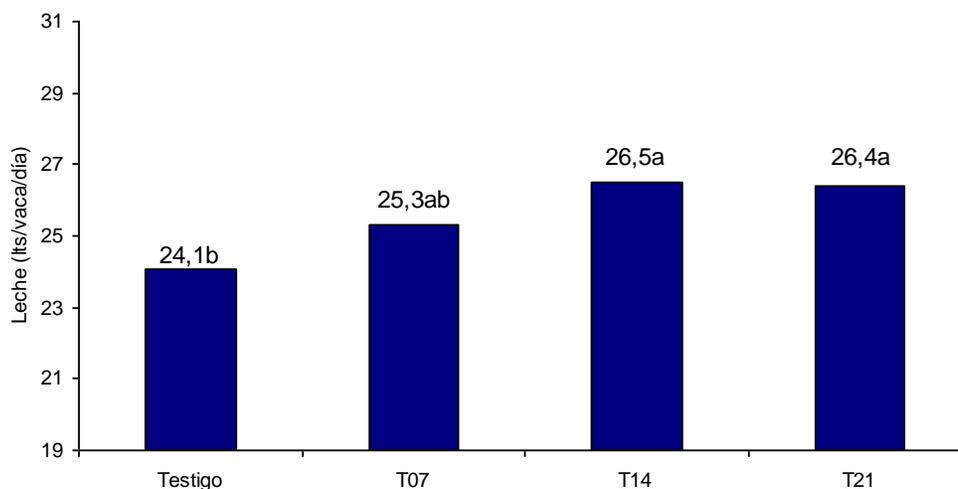


Como se puede ver la variación en el consumo en encierro está dado por el consumo de MS de heno. El consumo en encierro es relativamente homogéneo en todo el período, aumentando levemente hacia el final de éste

4.2. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE

Los datos de la gráfica No. 4 confirman la hipótesis planteada, existe un efecto positivo en la producción de leche por inclusión de glicerol en la dieta, coincidiendo esto con varios autores como Chung et al. (2007), Wang et al. (2009), Bodarski et al., citados por Donkin et al. (2009), Donkin et al. (2009).

Gráfico No. 4: Producción de leche promedio por tratamiento



Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

Como se puede observar en el grafico No. 4, hay diferencias significativas entre el tratamiento testigo y los tratamientos “T14” y “T21”, se confirma que existe una respuesta en la producción de leche ante aumento de inclusión de glicerol en la dieta hasta un cierto nivel (T14), a un nivel de inclusión mayor no se registran aumentos en la producción. Esta tendencia coincide con lo reportado por Wang et al. (2009b), en el cual su nivel máximo de respuesta era 300 grs./día.

Cuadro No. 7: Producción por tratamiento

Tratamiento	Leche (Lts./an/d)
Testigo	24,1b
T07	25,3ab
T14	26,5 ^a
T21	26,4 ^a

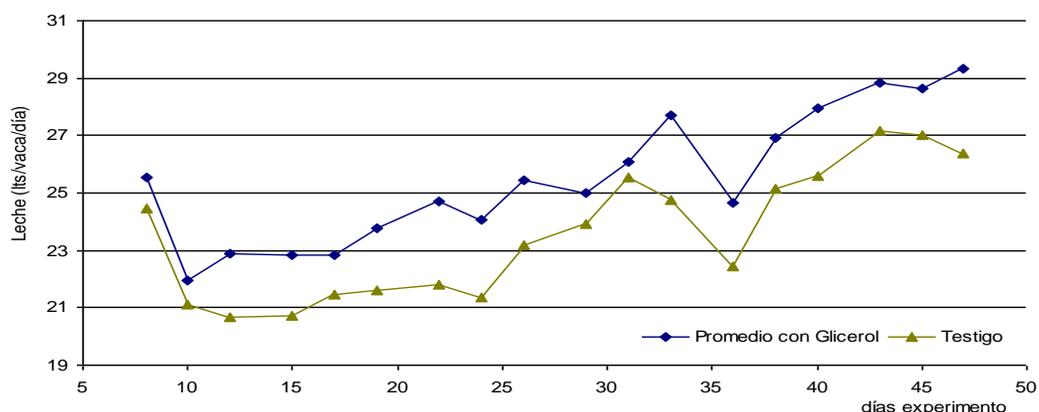
Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

Como se puede ver en el cuadro No. 7 la mayor producción promedio por día se da en el T14 y T21. Cabe destacar, aunque no es significativo estadísticamente ($P < 0,05$), que con suministrar glicerol a bajas cantidades como es en el caso del T07 ya se aumenta en 1,2 lts/an/día más con respecto al testigo.

Los tratamientos que en su dieta fue incluido el glicerol, durante todo el periodo experimental, produjeron más leche en promedio que el control (ver grafico No. 5).

Las variaciones que se registran en la producción de leche están muy influenciadas por la dieta alimenticia que reciben los animales en el experimento. De acuerdo a las fluctuaciones que se ven en el gráfico No. 5, se observa como las pasturas influyen en la producción de leche. Cuando se deja de pastorear avena (día 7 y día 30 del experimento), los animales pasan a la pradera y la producción de leche disminuye. Lo contrario ocurre cuando las vacas pasan a pastorear avena (día 23) y cuando se estabulan (día 35).

Gráfico No. 5: Evolución de la producción promedio por tratamiento



Para tener una mejor idea del efecto del glicerol en la producción y composición de la leche se efectuó el cálculo de leche corregida por grasa (LCG), de esta manera se tiene mayor veracidad al momento de saber si el aumento en producción de leche se dio por un efecto de dilución o si también en el aumento acompañaron los sólidos.

Si bien los tratamientos T14 y T21 son superiores al testigo en producción de leche, cuando corregimos la producción de leche en función del tenor graso que la misma posee, vemos que no existe tal diferencia (ver cuadro No. 8). La mayor producción de LCG se da en el T07, y en promedio los tratamientos con glicerol superan al testigo por 0,5 Lts/vaca.

Esto coincide con Khalili et al. (1997) que no encontró diferencias en LCG suplementando vacas en mitad de lactancia en adelante.

Cuadro No. 8: Leche corregida por grasa para cada tratamiento

Tratamiento	Leche (Lts/a/d)
Testigo	21,2
T07	22,0
T14	21,5
T21	21,6

En el siguiente cuadro se puede ver el porque de cuando hacemos LCG no exista tanta diferencia entre los diferentes tratamientos. Se muestra que hay un efecto dilución de la grasa en la leche.

Cuadro No. 9: Porcentaje de grasa por tratamiento

Tratamiento	Grasa (%)
Testigo	3,3 a
T07	3,2 a
T14	2,9 b

Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

Como se observa en el cuadro No. 9 existen diferencias significativas entre los tratamientos testigo y T07 con respecto a T14 y T21, esto se debe a que existió un efecto dilución por la mayor producción de leche. Coincide con Chung et al. (2007), Wang et al. (2009b), quienes reportan una tendencia a disminuir el porcentaje de grasa frente a aumentos de glicerol en la dieta.

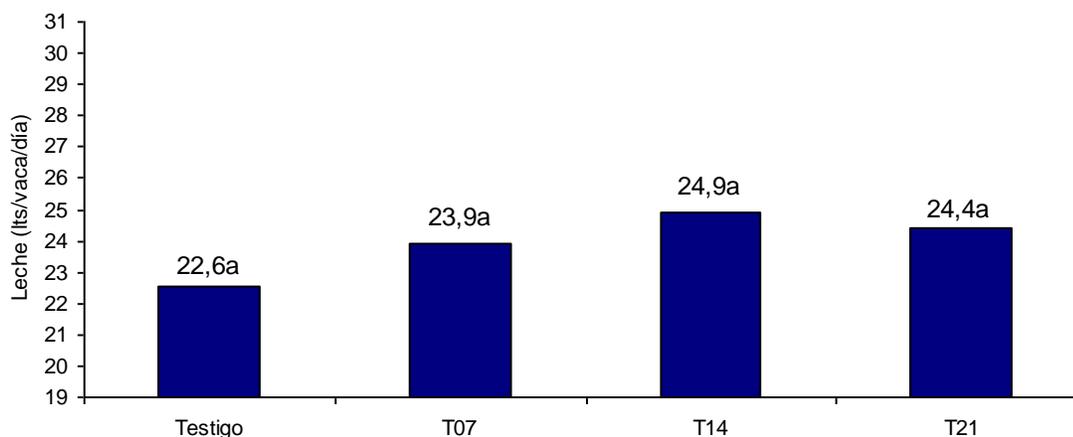
Si bien se produce una respuesta en la producción de leche con la inclusión de niveles crecientes de glicerol, esta respuesta presentó variación cuando se cambió la base de la dieta de pastura a ensilaje de sorgo. Debido a esto a continuación se presentan los resultados de los distintos períodos en forma separada.

4.2.1. Producción y composición de la leche en pastoreo

4.2.1.1. Producción de leche

En el gráfico No. 6 se muestra que el período en pastoreo, por ser el más largo (35 días), es quien afecta más el resultado de la producción cuando se analiza en forma conjunta el período experimental.

Gráfico No. 6: Producción de leche promedio por tratamiento en pastoreo



Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0,05$)

De acuerdo al gráfico se observa que la producción de leche de los animales en la etapa de pastoreo tuvo una respuesta de tipo cuadrática. La máxima diferencia, aunque no significativa estadísticamente ($P < 0,05$), se da entre los tratamientos testigo y T14 (2,3 lts).

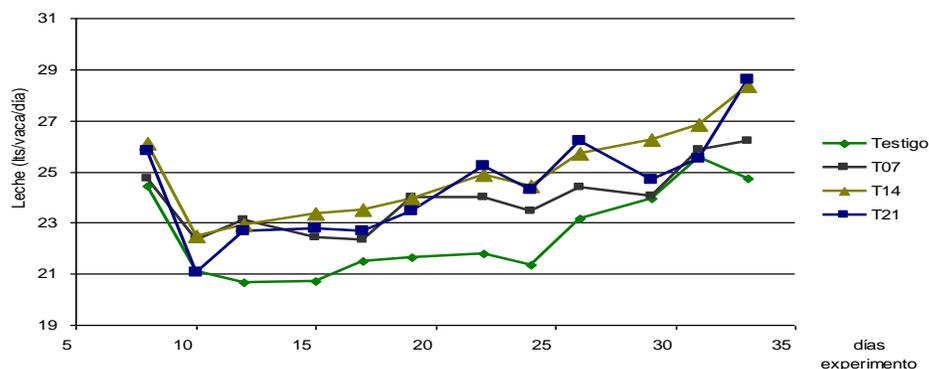
En promedio la utilización del glicerol como suplemento energético presentó una respuesta de 1,5 litros de leche por kg. de suplemento suministrado. La mayor respuesta, 1,9 litros/Kg de suplemento, la presenta el tratamiento de nivel bajo de inclusión de glicerol (T07).

Cuadro No. 10: Respuesta del suplemento en pastoreo por tratamiento

Tratamiento	Leche(lts)/suplemento(kg)
T07	1,9
T14	1,6
T21	0,9

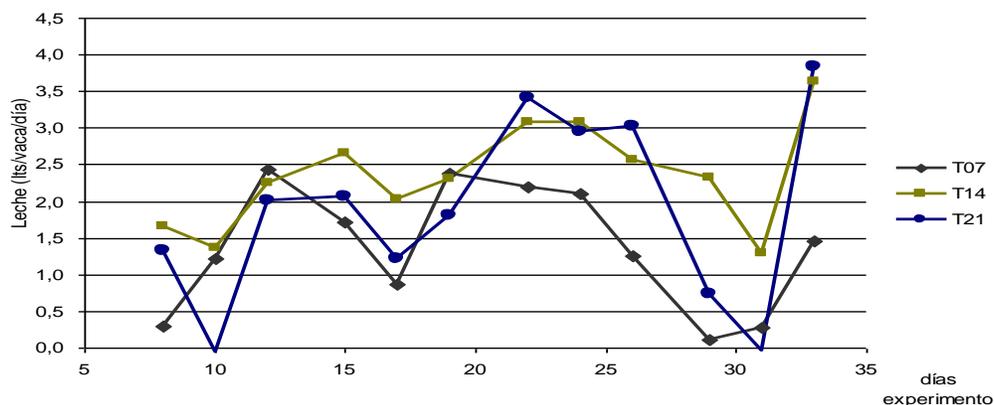
Cuando se observa la evolución por tratamiento (gráfico No. 7) se aprecia claramente el efecto que causa el glicerol en la producción. Nuevamente las diferencias se dan entre los tratamientos en los cuales se suministró glicerol y en el que no se suministró.

Gráfico No. 7: Evolución de la producción promedio por tratamiento



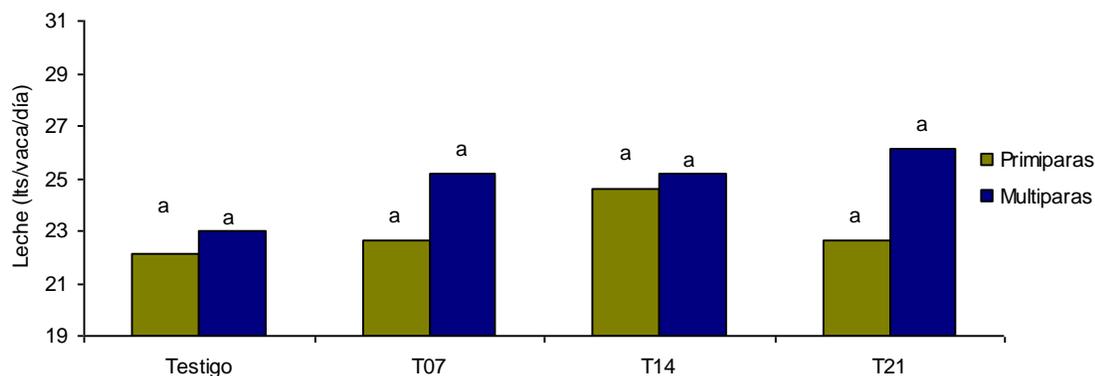
Tomando al tratamiento testigo como base de comparación, en el gráfico No. 8 se puede ver la respuesta (producción de leche por encima del testigo) de los diferentes tratamientos. En ésta se pueden ver los cambios en la dieta, repercutiendo en una disminución de la respuesta cuando la alimentación mejora, esto ocurre el día 11 donde se realizó un ajuste de la dieta y el día 23 cuando las vacas ingresan a pastorear avena. Lo contrario ocurrió cuando ingresaron a pasturas de menor calidad y/o disponibilidad de MS los días 16 y 31 del experimento.

Gráfico No. 8: Evolución de la respuesta promedio por tratamiento



Cuando discriminamos los tratamientos según número de paridad, primíparas vs. múltíparas, vemos que la respuesta cuadrática se mantiene para las primeras, no así para las vacas con más de un parto. Como era de esperarse, las múltíparas superan en 8,2% en producción en todos los tratamientos a las vacas de primer parto, aunque esta diferencia en producción no es significativa. Coincide con lo citado por Fajardo y Fiol (2010).

Grafico No. 9: Producción promedio por tratamiento según número de parición



Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

La respuesta de conversión del suplemento en litros de leche disminuye a medida que aumenta el suministro del mismo. Lo antes mencionado ocurre en las vacas de más de un parto, no sucede lo mismo en las primíparas, ya que el tratamiento medio (T14) es el que posee la mayor respuesta como se puede ver en el cuadro No. 11.

Cabe destacar que no existe una relación marcada entre las vacas primíparas y múltiparas, debido a que en las primeras la mayor respuesta se dio en las vacas pertenecientes al T14 y en las últimas la mayor respuesta se dio en las vacas pertenecientes al T07. También se cree importante destacar que en el promedio de los tres tratamientos las vacas múltiparas fueron las que lograron una mayor respuesta, logrando un valor promedio de 2 lts de leche/kg de suplemento. El mayor valor en respuesta se logró con las vacas múltiparas en el T07, mostrándose una respuesta de 3 lts de leche/kg de suplemento.

Cuadro No. 11: Respuesta del suplemento por tratamiento según número de parición

Tratamiento	Primíparas	Múltiparas
T07	0,8	3,0
T14	1,7	1,5
T21	0,3	1,5

4.2.1.2. Porcentaje y producción de grasa

Con respecto al porcentaje de grasa en la leche, presenta una tendencia a disminuir cuando se incrementa el nivel de inclusión de glicerol en la dieta, aunque dicha disminución no es significativa estadísticamente. Lo mismo ocurre con la los kg. de grasa.

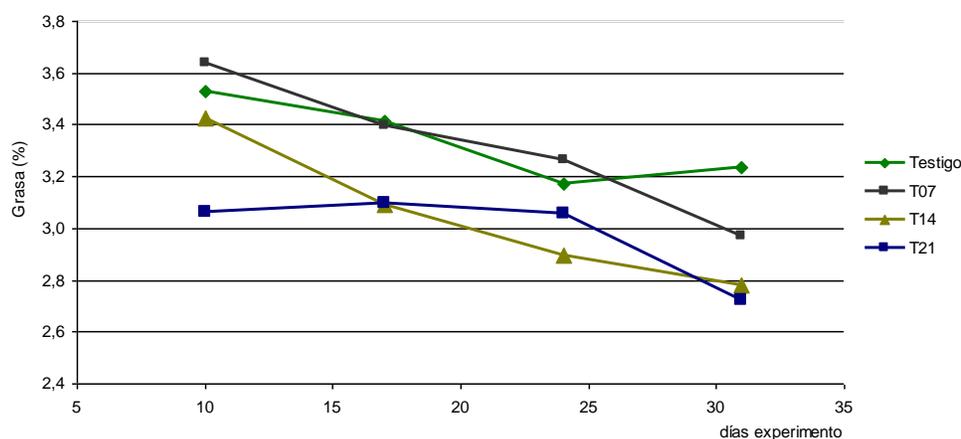
Cuadro No. 12: Porcentaje y producción de grasa por tratamiento

Tratamiento	Grasa (%)	Grasa (kg)
Testigo	3,3 a	0,7 a
T07	3,3 a	0,8 a
T14	3,0 a	0,7 a
T21	3,0 a	0,7 a

Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

El porcentaje de grasa tiende a disminuir a lo largo del periodo experimental, esto puede deberse a un efecto de dilución por aumento de la producción de leche. También se puede observar en el gráfico No. 10 que el tratamiento "T07" no varía mucho respecto al testigo pero sí lo hacen los otros dos tratamientos.

Gráfico No. 10: Evolución del porcentaje de grasa por tratamiento.



En el cuadro No. 13 se ve que las vacas de más de un parto producen leche con mayor contenido de grasa en comparación con las primíparas. Las

multíparas en promedio producen un 3,26% de grasa en la leche y las primíparas un 3,08% de grasa en leche. Para el total de las vacas existe diferencia significativa entre las vacas primíparas pertenecientes al tratamiento “T14” y vacas multíparas pertenecientes al testigo.

Cuadro No. 13: Porcentaje de grasa por tratamiento según número de parición

Tratamiento	Primíparas	Multíparas
Testigo	3,3 ab	3,4 a
T07	3,3 ab	3,4 ab
T14	2,8 b	3,3 ab
T21	3,0 ab	3,0 ab

Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

Cuando observamos la producción de grasa en Kg se produce la misma tendencia a que las vacas multíparas produzcan más grasa en la leche que las primíparas, no existiendo diferencia significativa entre tratamientos.

Cuadro No. 14: Producción de grasa por tratamiento según número de parición en kg de grasa/lt. de leche

Tratamiento	Primíparas	Multíparas
Testigo	0,7 a	0,8 a
T07	0,7 a	0,8 a
T14	0,7 a	0,8 a
T21	0,7 a	0,7 a

Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

4.2.1.3. Porcentaje y producción de proteína

La producción de proteína no presenta gran variación. Existe una leve tendencia a favor de las vacas pertenecientes al tratamiento T07, esta no es significativa estadísticamente.

Cuadro No. 15: Porcentaje y producción de proteína por tratamiento

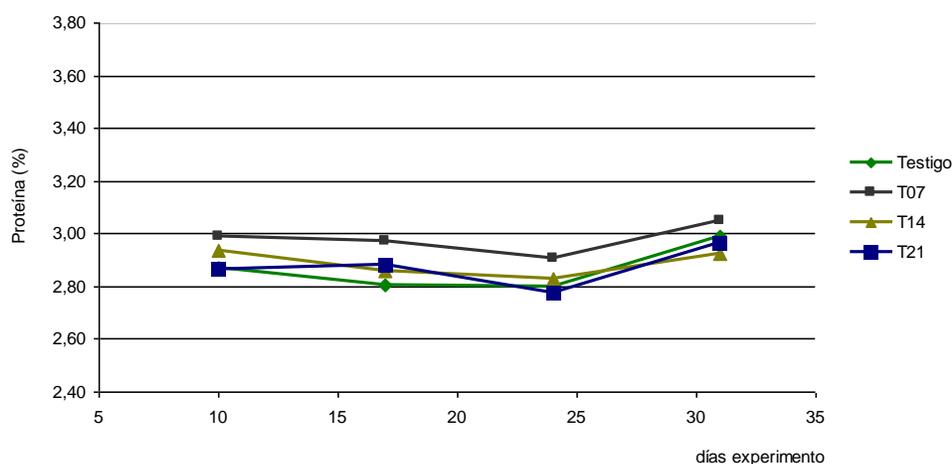
Tratamiento	Proteína (%)	Proteína (kg)
Testigo	2,9 a	0,6 a
T07	3,0 a	0,7 a
T14	2,9 a	0,7 a
T21	2,9 a	0,6 a

Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

Como se puede ver en el cuadro No. 15 todos los tratamientos son similares entre ellos y sin diferencias significativas.

Cuando observamos en el gráfico No. 11 la evolución de la proteína, vemos que se mantiene relativamente estable en el tiempo.

Gráfico No. 11: Evolución del porcentaje proteína por tratamiento



Con respecto al porcentaje de proteína discriminado por número de paridad en el total de los tratamientos se ve claramente que las diferencias son mínimas.

Cuadro No. 16: Porcentaje de proteína por tratamiento según número de parición

Tratamiento	Primíparas	Múltiparas
Testigo	2,9 a	2,9 a
T07	3,0 a	2,9 a
T14	2,9 a	2,9 a
T21	2,8 a	2,9 a

Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

4.2.1.4. Porcentaje de lactosa

El porcentaje de lactosa presenta una caída en el tratamiento T14, dicha disminución no tiene significancia estadística.

Cuadro No. 17: Porcentaje de lactosa por tratamiento

Tratamiento	Lactosa (%)
Testigo	4,9 a
T07	4,9 a
T14	4,7 a
T21	4,8 a

Letras diferentes significan medias diferentes (P<0.05)

4.2.1.5. Síntesis del pastoreo

Sintetizando la información obtenida durante el periodo de pastoreo, se puede decir con respecto a la producción de leche que las vacas pertenecientes al T14 y T21 tuvieron una tendencia a producir mayor cantidad de leche durante todo el periodo. Esto podría estar relacionado con lo mencionado por Roger et al. (1992), quienes encontraron que la actividad celulolítica de las bacterias y hongos el rumen se inhibe a concentraciones de 5% de glicerol. Esto podría estar pasando en el tratamiento T21.

Al momento de referirnos a la eficiencia de conversión del suplemento se vio que los animales pertenecientes al T07 fueron los que presentaron las mayores eficiencias (1,9), seguidos por los animales del T14 (1,6).

Las vacas de más de un parto fueron en general las que obtuvieron las mayores eficiencias de conversión, registrándose en estas vacas la mayor eficiencia en el tratamiento T07. Las multíparas fueron menos eficientes en la conversión del suplemento, registrándose en estas vacas la mayor eficiencia en el T14.

Con respecto al porcentaje de grasa, se puede decir que existe una tendencia a que durante el periodo de pastoreo, el porcentaje disminuya, en todas las vacas del experimento, registrándose los menores valores de grasa en leche en las vacas de los tratamientos T14 y T21. Según Rearte (1992) bajo sistemas pastoriles, los valores promedios de grasa en leche son: 3.2-3.3%, coincidiendo con los valores promedios que se obtuvieron durante el experimento.

Se puede decir que durante esta etapa del experimento las vacas de más de un parto produjeron más grasa que las vacas de primer parto.

La producción de proteína no presenta gran variación durante este periodo. Existe una leve tendencia a favor de las vacas pertenecientes al

tratamiento T07. La evolución de la proteína durante este periodo, se mantiene relativamente estable en el tiempo.

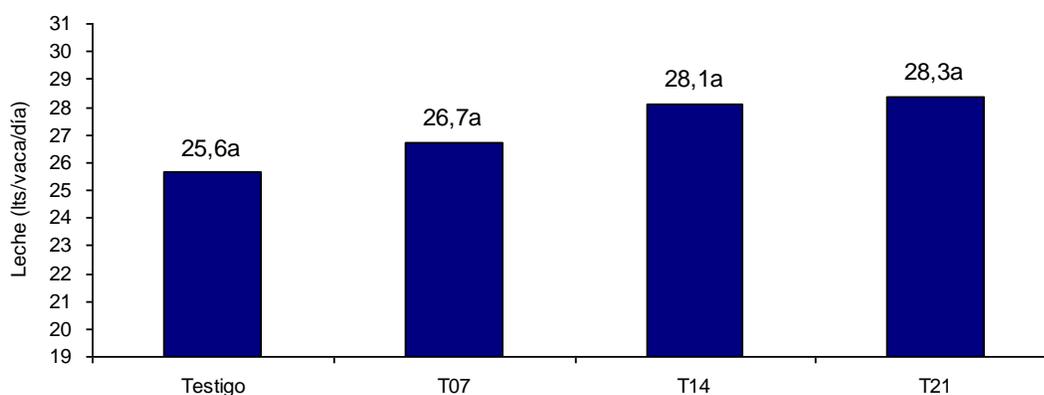
Con respecto al porcentaje de lactosa en leche se puede decir que las vacas que producen menos son las pertenecientes al T14.

4.2.2. Producción y composición de la leche en el encierro

4.2.2.1. Producción de leche

Como es de destacar, en el grafico No. 12 se ve que no se mantiene el tipo de respuesta cuadrática que se tenía para la producción de leche en pastoreo. En promedio, en este periodo las vacas produjeron 3,3 litros por día más, que durante la etapa de pastoreo.

Grafico No. 12: Producción promedio por tratamiento en encierro



Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

Aunque la diferencia en producción de leche del tratamiento “T21” respecto al testigo es mayor a los 2,7 lts, ésta no es significativa. En promedio, los tratamientos suplementados con glicerol produjeron 2,1 lts de leche más que el testigo, aunque dicha diferencia no es significativa desde el punto de vista estadístico.

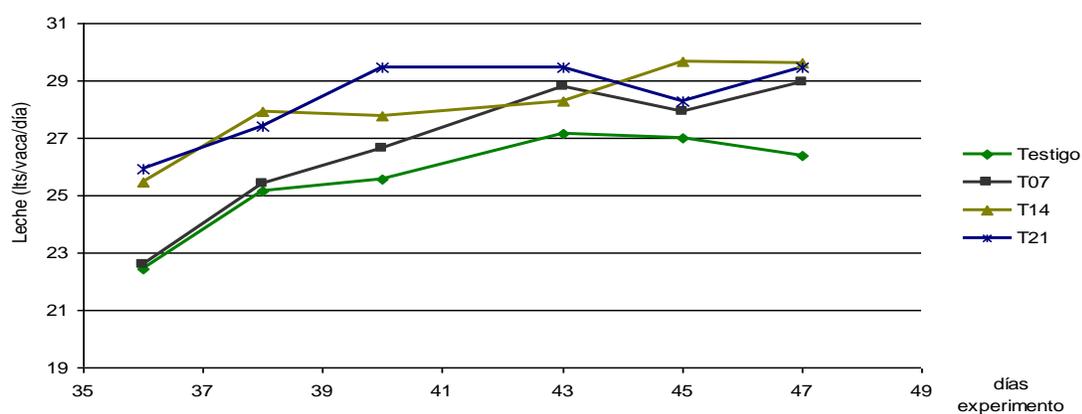
La tendencia de la respuesta ante aumentos del suplemento no es igual que en pastoreo debido a que en pastoreo la mayor respuesta se daba en el “T07” y en este caso se da en el “T14”. La respuesta promedio fue de 1,5 lts/Kg. al igual que durante la etapa de pastoreo.

Cuadro No. 18: Respuesta del suplemento por tratamiento en encierro

Tratamiento	Leche(lts)/suplemento(kg)
T07	1,5
T14	1,7
T21	1,3

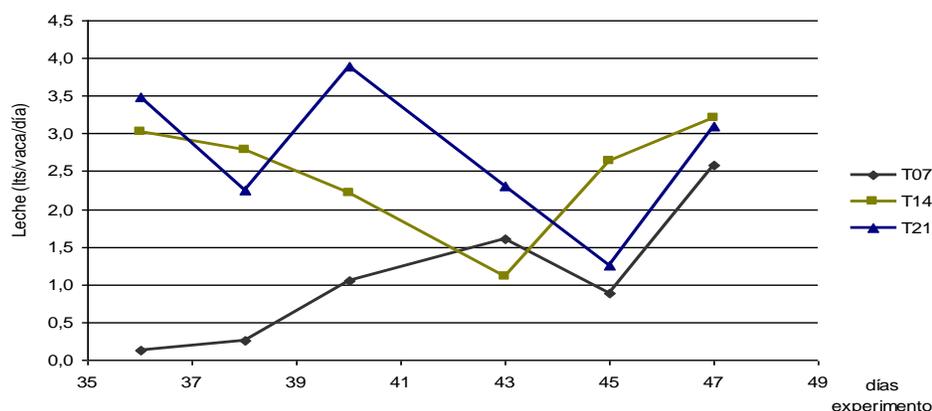
A diferencia del periodo en pastoreo, durante este periodo la alimentación fue controlada, manteniéndose constante la dieta suministrada a cada tratamiento. Como se puede ver en el grafico No. 13, todos los tratamientos presentan un aumento en la producción y luego tienden a estabilizarse.

Gráfico No. 13: Evolución de la producción promedio por tratamiento



En cuanto a la respuesta de glicerol de los tratamientos se pueden ver en el gráfico No. 14 fuertes variaciones fundamentalmente en el tratamiento T21.

Gráfico No. 14: Evolución de la respuesta promedio por tratamiento

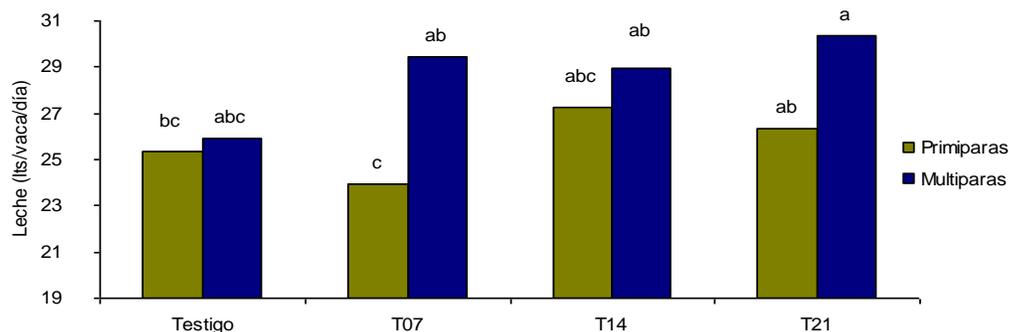


Observando el gráfico No. 15 se ve que se mantiene la misma tendencia de producción que mostraban durante el pastoreo. También se mantienen la superioridad en producción de las multíparas frente a las primíparas, aunque solo es significativo para un tratamiento.

Existe una deferencia importante a destacar con respecto a cuando estaban en pastoreo. Ningún tratamiento en el cual se suministró glicerol, en el caso de las vacas pastoreando produjo menos que el testigo ni para las primíparas ni para las vacas con más de un parto.

Cuando las vacas estaban en encierro, para el caso de las vacas primíparas, las pertenecientes al T07 en promedio produjeron menos que las del tratamiento testigo.

Gráfico No. 15: Producción promedio por tratamiento según número de parición



Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

Existe una mayor variación de la respuesta de conversión del suplemento, que oscila en un rango de -1,9 a 4,9 lts por kg de suplemento, presentando siempre las mayores respuestas para las vacas con más de un parto. La respuesta en las vacas de primer parto en general es inferior a la que presentan en la etapa de pastoreo. Esto puede estar vinculado a un posible problema de rechazo de ración durante los ordeños. Como contra partida de esto tenemos una muy alta respuesta de las multíparas respecto a las mismas en el periodo de pastoreo, en promedio la respuesta de estas durante el encierro fue de 3 lts/Kg. de suplemento.

Cuadro No. 19: Respuesta del suplemento por tratamiento según número de parición

Tratamiento	Primíparas	Multíparas
T07	-1,9	4,9
T14	1,4	2,1
T21	0,5	2,0

4.2.2.2. Porcentaje y producción de grasa

Se produce una reducción de 0,2% en el porcentaje promedio de grasa en leche con respecto al periodo anterior (pastoreo). Aquí si existen diferencias significativas estadísticamente entre los tratamientos “T14” y “T21” con respecto al Testigo y al T07.

Cuadro No. 20: Porcentaje y producción de grasa por tratamiento

Tratamiento	Grasa (%)	Grasa (kg)
Testigo	3,3 a	0,9 a
T07	3,1 a	0,8 a
T14	2,7 b	0,8 a
T21	2,7 b	0,7 a

Letras diferentes significan medias diferentes (P<0.05)

Si bien hay un descenso en el porcentaje de grasa respecto al periodo anterior, el aumento en litros de leche lleva a mantener la producción en kilogramos por animal y por día. Aquí al igual que en la etapa de pastoreo tampoco existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos.

Observando el cuadro No. 21 se ve como la influencia de los tratamientos es más importante que el número de paridad. Los mayores porcentajes de grasa en leche se dan dentro de las vacas primíparas en los

tratamientos Testigo y T07. Se ve que existe diferencia significativa entre el tratamiento testigo y el T07 con el T14 para las vacas primíparas, y el testigo con el T21.

Cuadro No. 21: Porcentaje de grasa por tratamiento según número de parición

Tratamiento	Primíparas	Múltiparas
Testigo	3,4 a	3,2 ab
T07	3,3 ab	3,0 abc
T14	2,5 c	3,0 abc
T21	2,6 bc	2,7 abc

Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

Cuando observamos la grasa en Kg. (Cuadro No. 22), es notoria la tendencia de las múltiparas a una mayor producción (aunque no significativa), dada principalmente por una mayor producción de litros de leche.

Cuadro No. 22: Producción de grasa (kg) por tratamiento según número de parición

Tratamiento	Primíparas	Múltiparas
Testigo	0,9 a	0,9 a
T07	0,8 a	0,9 a
T14	0,7 a	0,9 a
T21	0,7 a	0,8 a

Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

4.2.2.3. Porcentaje y producción de proteína

Como se puede observar en el cuadro No. 23 la proteína no presenta diferencias significativas entre tratamientos. Sí hay diferencia respecto al periodo anterior, en promedio hay un aumento de 0,1%.

Cuadro No. 23: Porcentaje y producción de Proteína por tratamiento

Tratamiento	Proteína (%)	Proteína (kg)
Testigo	3,0 a	0,8 a
T07	3,1 a	0,8 a
T14	3,0 a	0,9 a
T21	3,0 a	0,8 a

Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

La producción permanece invariada entre tratamientos, y hay una variación significativa entre los diferentes periodos de alimentación, que se traduce en un aumento de 0,2 kg.

Tampoco son relevantes las diferencias en el porcentaje de proteína cuando discriminamos por número de paridad.

Cuadro No. 24: Porcentaje de Proteína por tratamiento según número de parición

Tratamiento	Primíparas	Multíparas
Testigo	3,0 a	3,1 a
T07	3,1 a	3,1 a
T14	2,9 a	3,1 a
T21	3,0 a	3,0 a

Letras diferentes significan medias diferentes (P<0.05)

4.2.2.4. Porcentaje de lactosa

La lactosa es el componente que menos varia al cambiar la base de la alimentación. Mantiene la misma tendencia que en el periodo de pastoreo.

Cuadro No. 25: Porcentaje de lactosa por tratamiento

Tratamiento	Lactosa (%)
Testigo	5,0 a
T07	5,0 a
T14	4,8 a
T21	4,9 a

Letras diferentes significan medias diferentes (P<0.05)

4.2.2.5. Síntesis del encierro

Sintetizando la información obtenida durante el periodo de encierro, se puede decir con respecto a la producción de leche que las vacas pertenecientes al T21 tuvieron una leve tendencia a producir mayor cantidad de leche durante todo el periodo junto con el T14.

Al momento de referirnos a la respuesta de conversión del suplemento se vio que los animales pertenecientes al T14 fueron lo que presentaron las mayores respuesta (1,7 lts/kg), seguidos por los animales del T07 (1,5 lts/kg).

Las vacas de más de un parto fueron en general las que obtuvieron las mayores respuestas de conversión, registrándose en estas vacas la mayor respuesta en el tratamiento T07. Las multíparas tuvieron una menor respuesta en la conversión del suplemento, registrándose en estas vacas la mayor respuesta en el T14, y se registró respuesta de conversión negativa en las vacas del T07.

Con respecto al porcentaje de grasa, se registraron los menores valores de grasa en leche en las vacas de los tratamientos T14 y T21.

Al contrario que en la etapa de pastoreo, durante esta etapa no hay diferencias marcadas en el porcentaje de grasa en leche, entre las vacas primíparas y multíparas.

Al momento de referirnos a la producción de proteína, se puede decir que no existen diferencias marcadas entre las vacas de los diferentes tratamientos. Existe una leve tendencia a favor de las vacas pertenecientes al tratamiento T14.

Con respecto al porcentaje de lactosa en leche se puede decir que las vacas que producen menos son las pertenecientes al T14 y al T21, aunque al igual que en la proteína no hay diferencias significativas.

4.2.3. Síntesis

En resumen cuando se analiza el periodo experimental en su conjunto, la producción de leche presentó un aumento por el efecto del glicerol, esto coincide con lo reportado por Chung et al. (2007), Wang et al. (2009b), Bodarski et al., citados por Donkin et al. (2009), Donkin et al. (2009).

Analizando cada periodo de alimentación diferencial, no se producen aumentos significativo en producción, lo mismo encontraron Khalili et al. (1997), De Frain et al. (2004).

En cuanto a la composición química de la leche, en la etapa de pastoreo los sólidos en la leche permanecieron constantes, coincide con Khalili et al. (1997).

Hay una tendencia de disminución del % de grasa en el tiempo para todos los tratamientos en general. También los kilogramos de proteína tienden a ser mayores en aquellos tratamientos en los que se incluyó glicerol en su dieta,

esto puede deberse principalmente a la mayor producción de leche, coincidiendo con lo reportado por Wang et al. (2009).

En el encierro hubieron diferencias significativas en el % de grasa, se mantuvo hasta niveles de inclusión de 600 ml/día, a niveles más altos disminuye el porcentaje de grasa. Esto puede deberse a un efecto de dilución, coincidiendo con lo reportado por De Frain et al. (2004), comenzando la disminución en el porcentaje de grasa en el trabajo de ellos con niveles de glicerol por encima de 0,43 kg./día.

También la caída del porcentaje de grasa en la leche puede estar influenciada por el cambio en la fermentación ruminal, que se provocó al aumentar los niveles de concentrado durante este período. Este cambio en la fermentación puede estar asociada al incremento de precursores glucogénicos en la forma de ácido propiónico en rumen o de almidón en duodeno, y a un descenso en la disponibilidad de precursores lipogénicos, entiéndase ácido acético y butírico en rumen (Rearte, 1992).

La disminución de acetato y butirato en rumen afectará la síntesis de grasa butirosa, ya que ambos constituyen los principales precursores de la síntesis de novo de los ácidos grasos de cadena corta y media, que tienen lugar en la glándula mamaria (Davis y Brown, citados por Rearte, 1992).

Esta disminución está influenciada en mayor grado por las vacas primíparas, las cuales presentan diferencias entre el "T14" con el testigo y "T07", y el "T21" con el testigo.

Los demás sólidos se mantienen sin variación durante esta etapa.

4.3. COMPORTAMIENTO EN PASTOREO

No se encontraron diferencias en el comportamiento en pastoreo debidas a los diferentes niveles de inclusión de glicerol en la dieta.

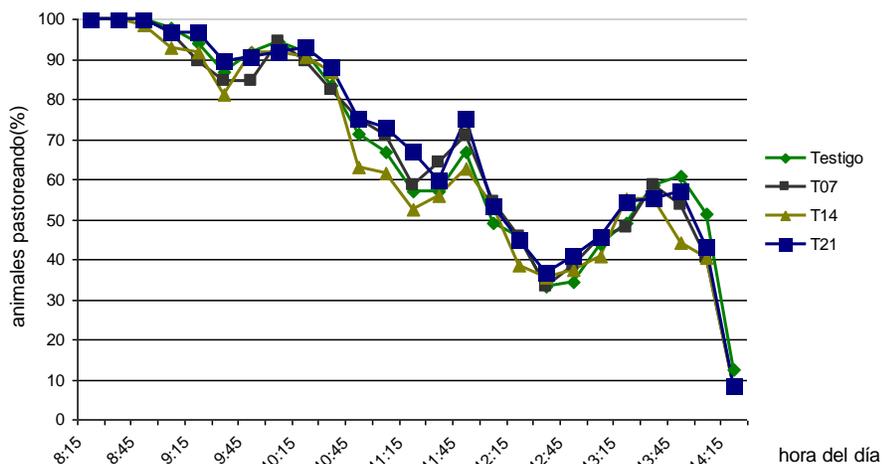
Cuadro No. 26: Probabilidad de encontrar vacas en actividad de pastoreo en promedio

Tratamiento	Probabilidad
Testigo	0,66 a
T07	0,67 a
T14	0,63 a
T21	0,68 a

Letras diferentes significan medias diferentes (P<0.05)

El gráfico No. 16 representa la evolución promedio para cada tratamiento de los animales que se encuentran pastoreando, durante el periodo del día en que estaban en pastoreo. No se encuentran diferencias importantes entre los diferentes tratamientos.

Gráfico No. 16: Probabilidad encontrar vacas en actividad de pastoreo en el día



El patrón de pastoreo está claramente definido en dos etapas, la primera comienza cuando ingresan los animales a la pastura y tiene una duración entre 1:15 hs. y 1:45 hs. aproximadamente. La segunda etapa de pastoreo ocurre previo al retiro de los animales de la pastura, comienza en torno a las 13:15 prolongándose hasta poco antes de finalizado el pastoreo (aproximadamente 14:15 hs.)

Durante la primera etapa de pastoreo casi el total de los animales se encuentra pastoreando. Esto está muy influenciado por el ayuno que presentan éstos en la mañana previo al ordeño. En la segunda etapa el número de animales en pastoreo es notoriamente menor, confirmando esto que el pastoreo de la mañana es el de mayor importancia.

Entorno a las 11:45 hs de la mañana se registra un pico de pastoreo, esto se debe a que se retrasó la entrada de los animales algunos días en los cuales se cuantificó el comportamiento en pastoreo, así como también existió algún retraso en el ingreso de los animales por la mañana, la cual alarga la primera etapa de pastoreo. Esto está relacionado a distintos manejos que fueron realizados con el rodeo (pesaje de las vacas, sangrado, etc.).

4.4. CONDICIÓN CORPORAL Y PESO VIVO

4.4.1. Condición corporal

Cuando se observa el promedio de cada tratamiento (ver Cuadro No. 27), se ve que no hay diferencias significativas entre los tratamientos, concordando con los datos reportados por DeFrain et al. (2004), Chung et al. (2007), solo existe una leve diferencia a favor de los tratamientos suplementados con glicerol respecto al testigo.

Cuadro No. 27: Condición Corporal promedio por tratamientos

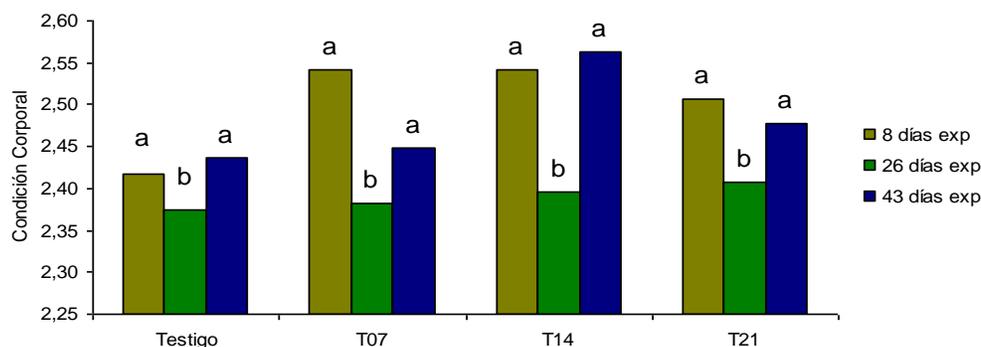
Tratamiento	Cond. Corporal
Testigo	2,41 a
T07	2,46 a
T14	2,50 a
T21	2,46 a

Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

La CC evoluciona de forma similar para todos los tratamientos. Aquellos que comenzaron con mejor CC fueron los que terminaron con una menor CC respecto a la inicial.

Como se ve en el grafico No. 17 el testigo mantuvo la CC, solo el tratamiento T14 finalizó con una mayor CC de la inicial. El tratamiento que más varía durante el experimento es el T14.

Gráfico No. 17: Evolución de la CC promedio por Tratamiento



Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

Como se aprecia en el cuadro No. 32 la CC del rodeo acompaña la oferta de forraje, mostrando su mínimo en la segunda fecha de evaluación de

CC coincidiendo este valor con el peor estado de las pasturas. Al finalizar el experimento todas las vacas incrementan la CC debido al mejor plan alimenticio ofrecido (encierro).

Cabe destacar que para el promedio total de las vacas existe deferencia significativa estadística entre la primer y última medición con la medición llevada a cabo a los 26 días del experimento. También es de destacar que se ve una tendencia al aumento de la CC en T14 al final del periodo en relación a los otros tratamientos.

Cuadro No. 28: Condición Corporal promedio para todos tratamientos y según número de parición

Día exp.	Promedio *	Primíparas	Múltiparas
8	2,50 a	2,49 a	2,51 a
26	2,39 b	2,37 a	2,41 a
43	2,48 a	2,46 a	2,50 a

Letras diferentes significan medias diferentes (P<0.05)
Columna promedio es independiente

Cuando discriminamos por número de paridad, las múltiparas presentan una menor caída; a pesar de ello, el incremento que presentan al finalizar el experimento no llega a compensar la disminución inicial de la CC. Las primíparas a diferencia de las anteriores, pierden más CC, quedando al final del periodo con un CC 0,03 puntos menor que lo que tenían a los 8 días del experimento.

Estas variaciones no son de gran impacto ya que un punto de CC representa 50 kg. de Peso Vivo y las oscilaciones registradas no llegan a 0,15 puntos.

4.4.2. Peso vivo

Para el promedio de los pesos entre tratamientos las máximas diferencias son de 20 Kg. de PV., no pudiéndose verificar un efecto del nivel de inclusión de glicerol en la dieta. Esto coincide con lo encontrado por De Frain et al. (2004), Chung et al. (2007), pero no concuerda con Fisher et al., citados por Wang et al. (2009) los cuales encontraron que los animales que se les suministró glicerol perdieron menos peso que los no suplementados con glicerol, y con Wang et al. (2009) que reportaron una tendencia de menor pérdida en las vacas que se les incluyó glicerol en la dieta.

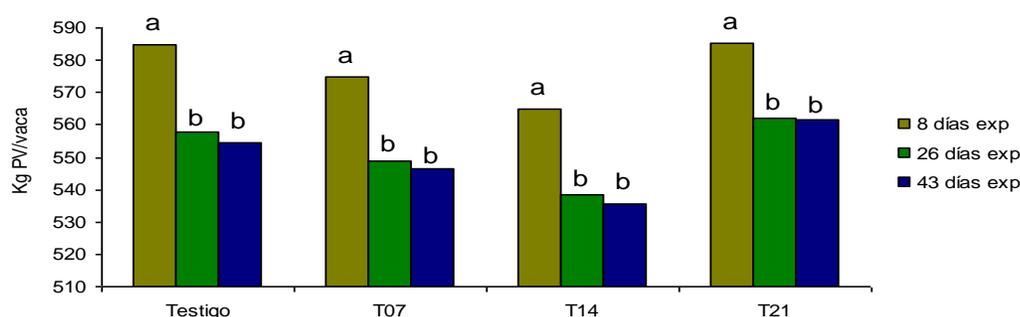
Cuadro No. 29: Peso Vivo promedio por tratamiento

Tratamiento	Peso Vivo (kg)
Testigo	566 a
T07	557 a
T14	546 a
T21	570 a

Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

Los tratamientos testigo y "T21" presentan los mayores pesos al inicio 585 kg. y 589 kg. de peso vivo respectivamente. Se ve claramente que se mantiene una tendencia en la disminución del peso vivo a lo largo del experimento, lo cual indica que el suministro de diferentes niveles de glicerol no causó efecto en el peso vivo de los distintos tratamientos.

Gráfico No. 18: Evolución del Peso Vivo promedio por Tratamiento



Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

Como se puede ver en el cuadro No. 34 en los primeros 25 días de evaluación las vacas perdieron 25 kg. de PV en promedio, las multíparas disminuyeron 25 kg. mientras que las primíparas disminuyen 26 kg, manteniendo el PV para los restantes 20 días del experimento.

Cuadro No. 30: Peso Vivo promedio para todos los tratamientos y según número de parición

Día exp.	Promedio*	Primíparas	Multíparas
8	577 a	529 b	626 a
26	552 b	503 b	601 a
43	549 b	502 b	597 a

Letras diferentes significan medias diferentes ($P < 0.05$)

*Columna promedio es independiente

4.5. SINTESIS GENERAL

En síntesis, de acuerdo a los resultados que se llegaron a lo largo de todo este capítulo, a lo estudiado y citado en la revisión bibliográfica, se llegó a que; el aumento en producción de leche pudo haberse dado debido a que el suministro de glicerol provocó un aumento a nivel ruminal de la cantidad de ácido propiónico, que en hígado se transforma en glucosa. Esta glucosa, sintetizada en el hígado se traduce en mayor disponibilidad de cuerpos carbonados para la síntesis de lactosa y demás constituyentes de la leche, así como en una mayor cantidad de energía disponible para la síntesis de leche.

El aumento en las concentraciones de propionato y la formación de glucosa a partir de éste, hace que se inhiba la gluconeogénesis a partir de aminoácidos, quedando estos disponibles en más cantidad para ser utilizados por la glándula mamaria en la síntesis de proteína de la leche (Caseína).

Durante el periodo de pastoreo, parte de la producción de leche puede estar explicada por el movimiento de reservas corporales en los animales, dado que, durante este periodo los animales perdieron gran parte de su peso vivo. Esto se concluye debido a que si se comparan las diferencias de peso vivo en las diferentes etapas del experimento, la mayor pérdida se dio durante la etapa de pastoreo.

El porcentaje de grasa en leche no se mantuvo constante cuando aumentó la producción de leche. Según lo estudiado y citado en la revisión bibliográfica, esto puede deberse a la disminución en cantidad de los ácidos acético y butírico a nivel ruminal. Estos dos ácidos junto a los ácidos grasos son los que actúan mayormente en la producción de triglicéridos, constituyentes importantes de los ácidos grasos, tanto de cadena larga como de cadena corta.

A continuación se presenta una síntesis de los resultados obtenidos en esta investigación.

Cuadro No. 31: Síntesis de los resultados

Tratamiento	Testigo	T07	T14	T21
General				
Leche (lts/a/d)	24,1b	25,3ab	26,5a	26,4a
Respuesta lts/kg		1,7	1,7	1,1
Grasa (%)	3,3a	3,2a	2,9b	2,8b
Proteína (%)	3,0a	3,0a	2,9a	3,0a
Probabilidad de Pastoreo				
Probabilidad	0,7a	0,7a	0,6a	0,7a
Peso Vivo				
PV (Kg)	566a	557a	546a	570a
Condición Corporal				
C. C.	2,4a	2,5a	2,5a	2,5a

Letras diferentes significan medias diferentes (P<0.05)

5. CONCLUSIONES

En las condiciones en las que el experimento se llevó a cabo, la suplementación de glicerol a vacas primíparas y multíparas en mitad de su lactancia es una práctica efectiva para aumentar la producción de leche, siempre y cuando se respeten las cantidades de suministro de éste.

Existe efecto significativo estadísticamente de los diferentes tratamientos sobre la producción de leche, registrándose el mayor valor de producción en el conjunto de vacas pertenecientes al tratamiento T14.

Los tratamientos en los que en su dieta fue incluido el glicerol, durante todo el periodo experimental, produjeron más leche en promedio que el tratamiento control. No solo el glicerol tuvo influencia en la producción de leche, también la tuvo la pastura en los cuales los animales se alimentaban durante el periodo de pastoreo. Las mayores producciones se dieron durante el periodo de encierro.

Con respecto al porcentaje de grasa en leche solo se dieron cambios significativos estadísticamente entre tratamientos cuando las vacas estaban en el periodo de encierro, al final del experimento, produciéndose el mayor porcentaje de grasa en el tratamiento testigo, y en los demás tratamientos la mayor concentración de grasa en leche se produjo en el tratamiento T07.

Al momento de referirnos a la condición corporal, se puede decir que a lo largo del experimento solo hubieron cambios significativos para el total de las vacas entre la primer y última medición con la medición llevada a cabo a los 26 días del experimento. No se dieron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

Con respecto al peso vivo de los animales, se concluye que, éste disminuyó a lo largo de todo el periodo del experimento, registrándose diferencias estadísticas entre el peso vivo a los 8 días del experimento con respecto al peso a los 26 y 43 días. Al igual que para la CC no se dieron cambios significativos entre los diferentes tratamientos.

El patrón de pastoreo se dio en dos etapas: la primera comienza cuando ingresan los animales a la pastura y tiene una duración de 1:15 hs., 1:45 hs. aproximadamente. La segunda etapa de pastoreo ocurre previo al retiro de los animales de la pastura. No se pudieron detectar diferencias en el patrón de pastoreo entre los diferentes tratamientos.

6. RESUMEN

Con el fin de evaluar el efecto del nivel de inclusión de diferentes cantidades de glicerol en la alimentación, sobre la producción y composición de la leche de vacas Holando en mitad de la lactancia, se realizó un experimento desde el 15 de junio al 31 de julio del 2009 en la Estación Experimental Mario Antonio Cassinoni (E.E.M.A.C.), Facultad de Agronomía, Paysandú. Para llevar a cabo el experimento se utilizaron 48 vacas de las cuales la mitad eran primíparas y la otra mitad múltiparas. 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 múltiparas o primíparas. Las vacas primíparas y múltiparas fueron bloqueadas según número de lactancia, fecha de parto, producción de leche, peso vivo y estado corporal. Se realizaron bloques homogéneos de cuatro vacas cada uno, donde cada vaca se asignó al azar a un tratamiento. Durante el experimento se sucedieron dos etapas: una primer etapa donde todos los animales tuvieron acceso al consumo de avena y pradera plurianual de 4 años. La asignación de forraje fue de 21 Kg de MS/animal/día para la avena y para la pradera fue de 52 Kg de MS/animal/día. Durante la etapa de pastoreo los animales en la noche consumían ensilaje de planta entera de sorgo, a razón de 6,4 Kg de MS/animal/día. Durante la segunda etapa los animales se encerraron en un potrero, consumiendo ensilaje de planta entera de sorgo a razón de 11,2 Kg de MS/animal/día, acompañado del suministro de fardo de moha (*Setaria italica*) ad libitum. En las dos etapas, durante los 2 ordeñes diarios se suministraba ración a razón de 2,2 Kg/animal/ordeño para la primer etapa y 1,7 Kg/animal/ordeño de ración mas 1,4 Kg/animal/ordeño de expeller de soja durante la segunda etapa. Lo que diferenció los tratamientos fue la cantidad de glicerol que se suministro mezclado con la ración en la totalidad de los ordeñes. La cantidad de glicerol fue de 0 Kg/animal/ordeño, 0,360 Kg/animal/ordeño, 0,720 Kg/animal/ordeño y 1,08 Kg/animal/ordeño para el tratamiento testigo, T07, T14 y T21, respectivamente. Las variables medidas en los animales fueron, producción de leche, sólidos en la leche, peso vivo, condición corporal y comportamiento durante el pastoreo. También se midieron variables en la pastura como son disponibilidad de materia seca y rechazo de la misma después que salían. Existe efecto significativo estadísticamente de los diferentes tratamientos sobre la producción de leche. Se obtuvieron producciones de 26,5 y 26,4 lts/animal/día para los tratamientos T14 (a) y T21 (a), producciones de 24,1 lts/animal/día se obtuvieron para el tratamiento testigo (b). ($P < 0,05$). Se concluye a partir de esto que el suministro de glicerol hace que aumente significativamente la producción de leche en vacas en la mitad de la lactancia. En la producción de grasa(%) en leche solo se dieron cambios significativos estadísticamente entre tratamientos cuando las vacas estaban en el periodo de encierro, al final del experimento produciendo 3,3% (a), 3,1% (a),

2,7% (b) y 2,7% (b) ($P < 0,05$) para los tratamientos testigo, T07, T14 y T21 respectivamente. En el caso de la condición corporal, para el promedio total de las vacas existe diferencia significativa estadística entre la primer (a) y última medición (a) con la medición llevada a cabo a los 26 días (b) del experimento. ($P < 0,05$). Con respecto al peso vivo de los animales, se puede decir que disminuyó a lo largo de todo el periodo del experimento, dándose diferencias estadísticas entre el peso vivo a los 8 días (a) del experimento con respecto al peso a los 26 y 43 días (b). ($P < 0,05$). El patrón de pastoreo estuvo claramente definido en dos etapas: la primera comienza cuando ingresan los animales a la pastura y tiene una duración entre 1:15 hs. y 1:45 hs. aproximadamente. La segunda etapa de pastoreo ocurre previo al retiro de los animales de la pastura, comienza en torno a las 13:15 horas prolongándose hasta poco antes de finalizado el pastoreo (aprox. 14:15 hs.)

Palabras clave: Glicerol; Holando; Vacas primíparas; Vacas múltíparas; Patrón de pastoreo; Producción de leche.

7. SUMMARY

With the aim of assessing the impact of the level of inclusion of different amounts of glycerol in the feeding, on the production and composition of the milk of Holando cows in half of their lactation period, an experiment was carried out from the 15 of June to the 31 of July of the 2009 in the Experimental Station Mario Antonio Cassinoni (E.E.M.A.C.), Faculty of Agronomy, Paysandú. In order to carry out the experiment 48 cows were utilized, half of which were primíparas and the other half múltíparas. The experiment was analyzed according to a design of complete blocks randomly arranged; wherein the experimental units, the animals, were blocked in a differential way depending on whether they were multiparous or primiparous. The primiparous and multiparous cows were blocked according to number of lactation, date of birth-giving, milk production, live weight and corporal status. Homogenous blocks of four cows each were arranged, where random treatment was assigned to each of the cows. During the experiment there were two stages: a first stage where all the animals had access to oats feeding and four-year-old multi-annual meadow. Forage allowance was 21 kg DM/animal/day for oats and 52 kg DM/animal/day for pastures as fodder. During the period of grazing, animals in the night consumed whole plant silage sorghum, at a rate of 6.4 kg DM/animal/day. During the second stage the animals are locked in a pasture, eating whole plant silage sorghum at the rate of 11.2 kg DM/animal/day, accompanied by the provision of ad libitum moha pack. In both stages, during the two daily milking, ration was supplied at a rate of 2.2 kg/animal/milking for the first phase and 1.7 kg/animal/milking ration plus 1.4 kg/animal/milking expeller soybean during the second stage. What distinguished the treatments was the amount of glycerol mixed with the ration that was supplied in all the milking. The amount of glycerol was 0 kg/animal/milking, 0.360 kg/animal/milking, 0.720 kg/animal/milking and 1.08 kg/animal/milk for the control treatment, T07, T14 and T21, respectively. The variables measured in the animals were milk production, solids in milk, live weight, corporal status and behavior during grazing. Variables were also measured in the pasture, such as availability of dry matter and rejection of it after leaving. There is statistically significant effect of different treatments on milk production. Productions of 26.5 and 26.4 liters/animal/day were obtained for treatments T14 (a) and T21 (a), production of 24.1 liters/animal/day were obtained for the control treatment (b). (P <0.05). It is concluded that the supply of glycerol significantly increases milk production in cows in the middle of lactation. In the production of fat (%) in milk there were statistically significant changes between treatments only when cows were in the period of confinement, producing at the end of the experiment 3.3% (a), 3.1% (a), 2.7% (b) and 2.7% (b) (P <0.05) for the control treatments, T07, T14 and T21 respectively. In the case of corporal status for the average total of the cows there exists statistical significant difference between the first (a) and final measurement (a) with the

measurement carried out after 26 days (b) of the experiment. ($P < 0.05$). With regard to live weight of animals, we can say that it decreased over the entire period of the experiment, showing statistical differences between live weight at 8 days (a) of the experiment, in relation to weight at 26 and 43 days (b). ($P < 0.05$). The grazing pattern was clearly defined in two stages: the first begins when the animals enter the pasture and lasts between 1.15 and 1.45 hours approximately. The second stage of grazing takes place prior to animals leaving pasture, starting at around 13:15 hours lasting until shortly before the end of the grazing (approx. 14:15 hours).

Keywords: Glycerol; Holstein; Primiparous cows; Multiparous cows; Grazing pattern; Milk production.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ACOSTA, Y.M.; DELUCCHI, M.I.; MIERES, J.M.; COZZOLINO, D. 2001. Calidad composicional de la leche; aspectos nutricionales. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (29as., Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 78-87.
2. 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.
3. 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.
4. DONKIN, S.; DOANE, P. 2007. Glycerol as a feed ingredient in dairy rations. Indiana, Estados Unidos, Purdue University. pp.97-103.
5. _____.: 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.

9. HIPPEN, A.; DE FRAIN, J.; LINKE, P. 2008. Glycerol and other energy sources for metabolism and production of transition dairy cows. In: Florida Ruminant Nutrition Symposium (19th., 2008, Gainesville, FL, U.S.A.). Proceedings. s.n.t. s.p
10. 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.
11. REARTE, D.H. 1992. Alimentación y composición de la leche en los sistemas pastoriles. Balcarce, Cerbas/INTA. 94 p.
12. 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.
13. ROGER, V.; FONTY, G.; ANDRÉ, C.; GOUET, P. 1992. Effects of glycerol on the growth, adhesion, and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. *Current Microbiology*. 25: 197-201.
14. 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.
15. 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.
16. _____.; _____.; 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.