

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**EFFECTO DE LA FUENTE DE CARBOHIDRATOS EN LA DIETA PREPARTO  
SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE DE VACAS  
HOLSTEIN AL INICIO DE LA LACTANCIA**

**Por**

Manuela MALVASIO  
Sabrina PIMENTEL  
Cecilia PONCE DE LEÓN

TESIS DE GRADO presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias (Orientación Producción Animal, Bloque Rumiantes)

MODALIDAD Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2013**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

TESIS aprobada por:

Presidente de Mesa:

\_\_\_\_\_  
DMTV. Cecilia Cajarville

Segundo Miembro (Tutor):

\_\_\_\_\_  
Ing-Agr., MSc. Alejandro Mendoza

Tercer Miembro:

\_\_\_\_\_  
DMTV. Silvana Carro

Co-tutor:

\_\_\_\_\_  
Dra. Tatiana Morales

Fecha:

26 de setiembre de 2013

Autores:

\_\_\_\_\_  
Manuela MALVASIO

\_\_\_\_\_  
Sabrina PIMENTEL

\_\_\_\_\_  
Cecilia PONCE DE LEÓN

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar queremos agradecer a nuestras familias, amigos, compañeros y todas aquellas personas que nos ayudaron y brindaron su apoyo durante toda la carrera universitaria, lo que ha sido de fundamental importancia para desarrollarnos como seres humanos y futuros profesionales.

Al Ing. Agr. Alejandro Mendoza y la Dr. Tatiana Morales por su tutoría y cotutoría en este trabajo y el respaldo brindado hacia nosotros.

Al Dr. Robert Wijma por la ayuda otorgada en la realización del trabajo de campo.

Es necesario agradecer a todo INIA “La Estanzuela” por todo lo brindado para la realización de este trabajo, instalaciones, materiales, etc.

A todos los compañeros con los que compartimos el trabajo experimental y a todo el personal del tambo de INIA “La Estanzuela”, que ayudó y facilitó nuestra labor logrando que este proyecto saliera adelante.

A todos sin importar cómo y cuando estuvieron presentes en el transcurso de nuestra carrera, muchas gracias por haber aportado ese granito que nos termino de formar como personas.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
<b>PÁGINA DE APROBACIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....</b>	<b>4</b>
<b>1. RESUMEN .....</b>	<b>5</b>
<b>2. SUMMARY .....</b>	<b>6</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>9</b>
4.1. SÍNTESIS Y MANIPULACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA LECHE ....	9
4.1.1. Síntesis de lactosa .....	9
4.1.2. Síntesis y manipulación de la grasa .....	10
4.1.3. Síntesis y manipulación de la proteína .....	12
4.2. LOS CARBOHIDRATOS, SU DIGESTIÓN Y METABOLISMO .....	15
4.3. PERÍODO DE TRANSICIÓN EN VACAS LECHERAS.....	17
4.3.1. Fisiología del período de transición .....	17
4.3.2. Estrategias para el manejo de la vaca en período de transición con énfasis en el aporte de fuentes de carbohidratos .....	18
<b>5. HIPÓTESIS .....</b>	<b>22</b>
<b>6. OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
6.1. OBJETIVO GENERAL.....	22
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	22
<b>7. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
7.1. Animales.....	22
7.2. Diseño experimental.....	22
7.3. Tratamiento y manejo de los animales .....	22
7.4. Mediciones .....	24
7.4.1. Composición química de los alimentos .....	24
7.4.2. Producción de leche .....	24
7.4.3. Composición química de la leche .....	24
7.4.4. Eficiencia bruta de uso del alimento .....	25
7.5. Análisis Estadístico.....	25
<b>8. RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>

<b>9. DISCUSIÓN .....</b>	<b>28</b>
<b>10. CONCLUSIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>11. BILIOGRAFÍA .....</b>	<b>32</b>

## **LISTA DE CUADROS Y FIGURAS**

- Cuadro I.** Composición de las raciones totalmente mezcladas (RTM) experimentales y la RTM usada en el posparto ..... **23**
- Cuadro II.** Composición química de concentrados y pastura en el experimento . **24**
- Cuadro III.** Producción y composición de leche (promedio diario hasta el día 56 posparto ..... **26**
- Cuadro IV.** Eficiencia de uso del alimento consumido para producción de leche durante la semana 2 posparto..... **27**
- Figura I.** Producción diaria de leche (Kg/día) en vacas a las que se les suministró dietas preparto isoenergéticas que difieren en el tipo de carbohidrato (TMAIZ, TSOJA)..... **27**

## 1. RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de distintas fuentes de carbohidratos en la dieta preparto sobre la producción y composición de leche en vacas durante la lactancia temprana. Para ello, se utilizaron 24 vacas multíparas de raza Holstein, las cuales fueron asignadas a dos tratamientos según un diseño de bloques completos al azar durante las últimas tres semanas antes de la fecha esperada de parto. En cada tratamiento los animales recibieron una ración totalmente mezclada (**RTM**) a base de ensilaje de planta entera de maíz, harina de soja, sales minerales y urea. A una RTM se le adicionó grano de maíz seco y molido (rico en carbohidratos no fibrosos) y cáscara de soja (rica en carbohidratos fibrosos) a la restante. Ambas RTM fueron formuladas para ser isoproteicas e isoenergéticas, y el suministro de las mismas se realizó en forma individual hasta el parto. Luego de dicho evento las vacas se manejaron en un mismo lote y fueron alimentadas con pradera mezcla de gramíneas, leguminosas y una RTM estándar. La producción de leche se registró diariamente y se tomaron semanalmente muestras de 4 ordeñes consecutivos para evaluar la composición de leche, hasta el día 56 posparto. Los resultados obtenidos determinaron que no se observó un efecto significativo de los tratamientos sobre la producción de leche, su composición o contenido de nitrógeno ureico. El mismo resultado se obtuvo al observar la interacción tratamiento por día de lactancia para las mismas variables. Por lo tanto como conclusión, la fuente de carbohidratos administrada durante el preparto no afecta la producción de leche o la composición de la misma en la lactancia temprana de vacas Holstein.

## **2. SUMMARY**

The objective of the study was to evaluate the effect of the inclusion of different sources of carbohydrates in the prepartum diet on production and milk composition of cows in early lactation. To do this, 24 multiparous Holstein cows were used, which were assigned to two treatments according to a complete randomized block design during the past three weeks before the expected date of parturition. In each treatment the animals were fed with a totally mixed ration (RTM) based on whole plant corn silage, soybean meal, minerals and urea. Corn grain drained and ground (rich in non-fiber carbohydrates) was added to a RTM and soybean hulls (rich in fibrous carbohydrates) to the other one. Both RTM were formulated to be isoproteic and isoenergetic, and they were individually supplied until the day of parturition. After this event the cows were managed in the same batch and fed with a mixed meadow of grasses, legumes and a standard RTM. Milk yield was recorded daily and samples were taken weekly from 4 consecutive milkings to evaluate the composition of milk, until day 56 postpartum. The results showed that it was not observed significant effect of the treatments on milk production, its composition or content of urea nitrogen. The same result was obtained by observing the interaction between treatment and day of lactation for the same variable. In conclusion, the carbohydrate source administered during prepartum does not affect milk production or its composition during early lactation of Holstein cows.

### 3. INTRODUCCIÓN

Una mejor producción y eficiencia reproductiva de las vacas lecheras es el resultado de una buena adaptación metabólica de éstas a las exigencias que se presentan al inicio de la lactancia, y para ello es importante una correcta alimentación preparto (Cavestany y col., 2006). En el período de transición en la vaca lechera, comprendido entre la tercera semana antes del parto y la tercera semana luego del mismo (Grummer, 1995a), se deben enfrentar numerosos desafíos que le exigen adaptaciones metabólicas mayores que en cualquier otro momento del ciclo gestación- lactancia.

Esta mayor exigencia energética se asocia en forma conjunta a un consumo voluntario de alimentos deprimido, lo que conllevará a un desbalance entre aportes y necesidades del organismo, desencadenando un balance negativo de nutrientes (energía, aminoácidos, ácidos grasos, glucosa y calcio, entre otros). El grado de balance energético negativo que sufre el animal y su duración, depende principalmente de las condiciones y el manejo de la alimentación que se realice durante el período de transición (Chilliard, 1999).

La vaca enfrenta estos desafíos realizando distintas adaptaciones, como por ejemplo la movilización de reservas corporales. En el caso del metabolismo de la glucosa, la adaptación primaria que ocurre para afrontar el comienzo de la lactancia es el aumento simultáneo de la gluconeogénesis hepática y una disminución en la oxidación de la glucosa por los tejidos periféricos para dirigir la glucosa a la glándula mamaria para la síntesis de lactosa (Overton y Waldron, 2004).

Con un correcto manejo nutricional se pueden apoyar estas adaptaciones que realiza la vaca para enfrentar este desafío metabólico. Entre los principales sustratos para la neoglucogénesis hepática está el propionato de la fermentación ruminal. Para proporcionar una mayor oferta de este precursor neoglucogénico se han propuesto dietas altas en carbohidratos no fibrosos (CNF) (Calsamiglia, 2000). Roche y col. (2010) afirman que la energía proveniente de una mayor oferta de CNF durante el preparto podría afectar el potencial de adaptación de la vaca al aumentar la síntesis de glucosa y podría incidir en la lactancia que dará comienzo.

Esto sería debido a que el aumento de la producción de ácido propiónico que provoca la ingesta de CNF en el preparto, favorecería el crecimiento papilar y por lo tanto se verá aumentada la absorción del epitelio ruminal, así como la adaptación de los microorganismos del rumen a dietas con mayor contenido de concentrados y CNF, proceso que generalmente dura varias semanas (Repetto y Cajarville, 2006). Esto reduciría la declinación del consumo durante las últimas semanas preparto, y podría resultar en un mayor consumo posparto, lo que impactaría favorablemente sobre el desempeño productivo del animal, y justifica el uso de fuentes ricas en CNF en las dietas preparto (Calsamiglia, 2000).

A pesar de que existen trabajos que apoyan el uso de CNF como fuente de energía en la dieta preparto, existen evidencias de que la alimentación durante

el período seco con alimentos ricos en almidón no parece proporcionar beneficios claros en términos de movilización corporal inmediatamente después del parto, ni de aumento de la ingesta durante la lactación o la producción de leche (Friggens y col., 2004). Para Overton y Waldron (2004), la mayoría de los experimentos realizados sobre el contenido de CNF en la dieta han confundido el contenido de éstos con la concentración de energía neta de lactación (**ENL**), ya que por lo general, el incremento en el contenido de CNF aumenta simultáneamente la energía total de la dieta. Esto indica que los efectos generalmente positivos sobre el rendimiento y el metabolismo en vacas alimentadas con dietas ricas en CNF en el preparto estarían relacionados más que nada con el suministro de energía aportada por esta fuente de carbohidratos.

Nuestro país posee poca información respecto a la utilización de CNF en la nutrición de la vaca lechera preparto y en el futuro desempeño de la misma en el tambo luego de la utilización de este tipo de suplementación. Es de vital importancia saber qué tipo de intervención podría tener en la producción y composición de la leche en nuestros rodeos. Teniendo en cuenta el sistema de pago por composición que rige en el Uruguay, el cual considera el tenor proteico y el graso, sería una herramienta más a poner en práctica, ya que la lechería apunta a una intensificación y aumento de la producción, sumándole la creciente demanda de la industria. Esto podría significar un aumento en la producción y modificación de la composición de la leche, trasladándole al productor una mayor rentabilidad productiva y una mayor competencia frente al desafío de la agricultura que compite día a día por las áreas productivas de Uruguay.

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. SÍNTESIS Y MANIPULACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA LECHE

Rara vez resulta de utilidad pensar acerca de la producción de leche en términos del rendimiento total, sin considerar su composición. Ésta es de suma importancia a nivel del productor, ya que la concentración de algunos de sus componentes es la que determinará el precio obtenido por cada litro de leche producido (Mendoza, 2010). A nivel mundial los países iniciaron el pago por composición según el contenido graso. La situación de hoy ha cambiado, por la propia utilización a nivel mundial de la leche y la reducción en la demanda de productos con alto contenido en grasa, siendo el tenor proteico el principal parámetro de pago, seguido por el graso. A nivel del Uruguay a partir del año 1997 se le dio más valor a la proteína que ahora pesa un 70% en el precio y la grasa solo un 30% (Ibarra, 1997)

Existen tres opciones para modificar la composición y/o propiedades funcionales de la leche, éstas son la nutrición y manejo, el potencial genético, y las tecnologías de fabricación de productos lácteos (Walker y col., 2004). La nutrición constituye una vía rápida y concreta para hacer cambios en la composición de la leche; sin embargo, existe una compleja relación entre ésta y los componentes del alimento (Sutton, 1989; Gallardo, 2006). El sistema de producción del que se trate y los componentes de la dieta suministrada van a establecer los diferentes efectos que tendrá la alimentación sobre la composición de la leche (Rearte, 1992).

#### 4.1.1. Síntesis de la lactosa

La lactosa y los minerales son los principales componentes osmóticamente activos y por tanto juegan un rol esencial en la determinación del volumen de leche secretada (Oldham y Sutton, 1983). Esto implica que su concentración sea relativamente constante (50 g/L) con algunas variaciones dependiendo del contenido de minerales, con los cuales está inversamente relacionada (Peaker, 1977; Astigarraga, 2003).

El sitio de síntesis de la lactosa es en la membrana del aparato de Golgi, en la célula mamaria. Esta membrana no es permeable a la lactosa, pero sí lo es al agua, por lo tanto a medida que ocurre la síntesis de lactosa, el agua deberá pasar por difusión al lumen para que el contenido de las vesículas secretoras del aparato de Golgi se mantenga isotónico con el citoplasma de la célula. Estas vesículas son vertidas a la luz del alvéolo por un mecanismo de exocitosis (Rearte, 1992).

La captación de glucosa por la glándula mamaria es fundamental para la síntesis de lactosa, y por esta razón es el nutriente limitante para la producción de leche en el rumiante. La lactosa está compuesta por una molécula de glucosa y galactosa (que deriva de la glucosa), y para su síntesis se utiliza entre el 50% y 85% de la glucosa captada por la glándula mamaria (Mendoza, 2010). Esta glucosa tiene dos orígenes, de la absorción intestinal (de almidón

no degradado en rumen) y de la neoglucogénesis hepática (a partir de precursores neoglucogénicos) (Astigarraga, 2003).

Una restricción en el aporte de energía genera una depresión en la síntesis de lactosa y consecuentemente una disminución en la producción de leche (Hernández, 2003; Mendoza, 2010). Si esta restricción es severa, la concentración de lactosa se reduce (Oldham y Sutton, 1983), siendo éste el único medio dietético para lograr una modificación significativa (Sutton, 1989).

#### 4.1.2. Síntesis y manipulación de la grasa

La leche de vaca contiene entre 3 y 5 % de lípidos, que consisten principalmente en triacilglicerol (98%), presentes en forma de glóbulos butirosos de 1 a 7  $\mu\text{m}$  de diámetro (Rearte, 1992).

Los triacilglicerol son sintetizados en la glándula mamaria a partir de una molécula de glicerol y tres ácidos grasos (**AG**) de distinta longitud; estos últimos derivan, fundamentalmente, de dos fuentes diferentes. Una parte de los de AG es sintetizada *de novo* en la propia glándula mamaria utilizando como precursores acetato y  $\beta$ -hidroxibutirato, productos de la fermentación de los carbohidratos en el rumen. Esta vía es el origen de los AG de cadena corta y media (entre 4 y 14 átomos de carbono) y aproximadamente la mitad del ácido palmítico. El resto del palmítico y los AG de cadena larga que contienen 18 o más átomos de carbono proceden de lípidos circulantes en sangre que tienen su origen en la grasa de la dieta (los triacilglicéridos) y en la movilización de las reservas corporales (ácidos grasos no esterificado, AGNE) (Astigarraga, 2003; De Blas, 2004).

En rumiantes se estima que cerca de la mitad de los AG son tomados directamente del plasma sanguíneo mientras que la otra mitad son sintetizados *de novo* por la glándula mamaria (Oldham y Sutton, 1983). El glicerol utilizado en la síntesis de grasa proviene de las triosafosfato (vía glicolítica) y de la fosforilación del glicerol circulante en el plasma liberado durante la lipomovilización (Cirio y Tebot, 2000).

La grasa láctea es el componente más variable de la leche y el que más variaciones de origen nutricional o de manejo puede presentar, llegando a variar hasta 3 unidades porcentuales (Oldham y Sutton, 1983; Hernández, 2003). Los nutrientes son precursores, directa o indirectamente, de los principales sólidos de la leche. Por lo tanto determinando el suministro de algunos precursores se puede afectar directamente el contenido de grasa de la leche (Sutton, 1989). Esto es posible ya que la glándula mamaria es sensible a cambios en la oferta de AG (que circulan en forma libre, o en lipoproteínas) o acetato y  $\beta$ -hidroxibutirato. Un aumento de esta oferta conduce a una mayor captación y utilización de los mismos para la síntesis de grasa láctea (Nielsen, 1994).

Entre los factores dietéticos que pueden afectar el contenido graso de la leche están la cantidad de fibra, la relación forraje: concentrado, la composición de

carbohidratos de los concentrados, los lípidos, la ingesta y frecuencia de las comidas (Sutton, 1989).

Para asegurar el mantenimiento de un contenido satisfactorio de grasa es necesaria una cantidad determinada de fibra en la dieta (Broster, 1983; Calsamiglia, 1997; Acosta, 2001). Los modelos de alimentación actuales recomiendan un mínimo de fibra para asegurar un correcto funcionamiento ruminal. La función química de la fibra sobre el contenido de grasa está dada por los compuestos que forman parte de la pared celular de los vegetales, los cuales están involucrados en la regulación del ritmo de fermentación y del pH ruminal. La estructura física ha mostrado tener importancia al momento de evitar descensos marcados en el pH ruminal y mantener el porcentaje de grasa láctea, repercutiendo sobre el tiempo de masticación y la secreción salivar (Bach y col., 2006).

La grasa sintetizada en la glándula mamaria tiene una composición en AG característica y estable. A pesar de ello, la administración de raciones con un bajo contenido de fibra efectiva, así como la suplementación de la dieta con aceites poliinsaturados llevan a una disminución de la síntesis *de novo* y de la concentración total de grasa en la leche (De Blas, 2004).

Varias teorías se han formulado para explicar este efecto a través de los cambios inducidos por estas dietas sobre la concentración de ácidos grasos volátiles (**AGV**) en el rumen y/o en la secreción de insulina. La teoría más aceptada relaciona el descenso de grasa en la leche con la entrada en la glándula mamaria de AG (isómeros del ácido linoleico conjugado, o CLA), que son intermediarios atípicos del proceso de bio-hidrogenación. Estos AG al ser captados por la glándula mamaria actuarían como inhibidores de la maquinaria enzimática responsable de la síntesis de grasa de la leche (Bauman y Griinari, 2003).

La proporción de forraje y concentrado en la dieta es un indicador muy utilizado en la evaluación de dietas para vacas lecheras, y a pesar de que es más importante en sistemas basados en estabulación, se aplica también a condiciones de pastoreo, aunque no íntegramente. Una mayor inclusión de concentrados en la dieta hasta un determinado nivel (entre 40 y 60 %) produce un aumento en la síntesis de grasa (Acosta, 2001; Gallardo, 2006).

A medida que disminuye la relación forraje: concentrado, se produce un desplazamiento del pH hacia la acidez, y un crecimiento diferencial de los microorganismos ruminales. Las fermentaciones ruminales se van modificando produciendo un cambio en las relaciones de AGV, más específicamente un incremento en la proporción de ácido propiónico y un descenso de los precursores lipogénicos, causando una depresión tanto en la síntesis como en el porcentaje de grasa láctea (Rearte, 1992; Astigarraga, 2003).

Con bajos niveles de suplementación, como ocurre en los sistemas pastoriles, donde el concentrado no supera el 30% de la dieta, la suplementación no afecta mayormente la concentración de grasa de la leche (Rearte, 1992). Según Sutton (1989), la concentración de grasa es bastante estable hasta que

la proporción de forraje (base seca) en la dieta cae hasta aproximadamente 50%.

El tipo de carbohidrato contenido en el grano es un factor de importancia al momento de realizar la suplementación. La depresión en la síntesis de grasa será mayor cuando se suministren carbohidratos fácilmente fermentescibles en rumen como el caso de trigo o cebada, que cuando se suplementen granos menos fermentescibles como maíz (Rearte, 1992).

El propósito principal de la inclusión de lípidos en la dieta de vacas lecheras es aumentar la ingesta de energía y la producción de leche. Pero, los cambios observados en estos varían según el tipo de lípidos agregados a la dieta (Wattiaux, 2000). Se sabe también que estos suplementos tienen efectos específicos sobre la concentración de grasa láctea y composición de AG de la grasa en la leche. Los efectos de estos suplementos sobre la producción y el contenido de grasa son complejos, pero generalmente, si la fermentación es normal, el suministro de grasa aumenta el porcentaje de grasa en leche. Esta respuesta estará determinada principalmente por el grado de saturación que poseen los AG que componen el suplemento lipídico y la calidad de la dieta para permitir una fermentación adecuada. Un aporte importante de lípidos insaturados tendría un efecto negativo sobre la síntesis mamaria de grasa, y su concentración en la leche (Palmquist, 1996).

Por otro lado, los AG de la dieta pueden ser captados como tal por la glándula mamaria y constituir parte de los AG de cadena larga de la grasa láctea. Otro efecto benéfico se puede lograr con el uso de lípidos saturados. Estos incrementan la cantidad de sustratos que pueden ser captados por la glándula mamaria, ya que tienen un efecto menos negativo a nivel ruminal (Mendoza, 2010).

#### 4.1.3. Síntesis y manipulación de la proteína

Del total de nitrógeno de la leche, aproximadamente el 95 % se encuentra en forma de proteína y el resto está en forma de compuestos no proteicos como la urea (Astigarraga, 2003). Alrededor del 90% de las proteínas de la leche se sintetizan a partir de aminoácidos que circulan por la sangre y son captados por la glándula mamaria. Solo pequeñas cantidades de inmunoglobulinas y albúminas pasan por difusión a través de las células secretoras, constituyendo el 5 % de la proteína total. De las proteínas sintetizadas en la glándula mamaria, las caseínas representan cerca del 80%, mientras que el restante lo componen la  $\alpha$ -lactoalbúmina y la  $\beta$ -lactoglobulina (Rearte, 1992; Mendoza, 2010).

Los rumiantes disponen de dos fuentes principales de suministro de aminoácidos, la proteína de origen microbiano sintetizada en rumen, y la proteína del alimento que no se degrada pero se digiere en intestino (González, 2006). Este proceso tiene además una exigente demanda de energía, que es suplida por la glucosa y el ácido acético proveniente de la fermentación ruminal (Astigarraga, 2003; Mendoza, 2010).

La síntesis proteica tiene lugar en los ribosomas del retículo endoplásmico rugoso, a través de los mecanismos comunes a toda síntesis proteica. Las caseínas en forma de micelas, en conjunto con  $\alpha$ -lactoalbúminas,  $\beta$ -lactoglobulinas, lactosa, agua e iones, contenidos en las vesículas de Golgi, emigran hacia el ápice de la célula, y son excretados dentro del lumen alveolar (Rearte, 1992; Pérez, 2011).

Como ocurre con la grasa láctea, la concentración de proteínas en leche y su composición están influenciadas por la dieta, pero la magnitud de los cambios logrados son inferiores (Santos, 2002; Gallardo, 2006). Según González y col., (2001) difícilmente se pueda variar más que 0,3 a 0,4 unidades porcentuales en función de la nutrición, siendo más comunes variaciones del orden de 0,1 a 0,2 puntos porcentuales.

La síntesis que se lleva a cabo en la glándula mamaria dependerá del suministro de aminoácidos y de la energía disponible. Estos aminoácidos a su vez provienen de diferentes fuentes, pero la principal es la proteína que llega al duodeno, la cual está representada en un 40-60 % por proteína de origen microbiano, siendo el resto proteína de la dieta que no fue degradada en rumen (**PNDR**). Estas fuentes contribuyen al pasaje de proteína metabolizable a nivel de intestino delgado (NRC, 2001). Pueden provenir también de las proteínas corporales movilizadas, sin embargo la capacidad de movilizar proteínas es mucho más limitada que la disponibilidad de energía, y puede agotarse antes o al inicio de la lactación (Calsamiglia, 2000; Astigarraga, 2003)

Está claramente establecido que existe una directa relación entre el consumo de energía (sin considerar la proveniente de lípidos) y la producción y/o porcentaje de proteína en leche. La energía de la dieta puede ser incrementada con el consumo de concentrado o mejorando la calidad del forraje (González y col., 2001; Gallardo, 2006). Con el suministro de concentrados se obtienen altos niveles de propionato a nivel ruminal, favoreciendo la gluconeogénesis en el hígado a partir de dicho metabolito. Esto reduce la gluconeogénesis a partir de aminoácidos, quedando estos disponibles en mayor cantidad para ser usados en la glándula mamaria en la síntesis de proteína láctea (Rearte, 1992). Aumentos en el suministro de energía favorecen a su vez la síntesis de proteína microbiana a nivel ruminal, y el suministro de aminoácidos en la glándula mamaria (Astigarraga, 2003).

En sistemas pastoriles la respuesta a la suplementación con carbohidratos dependerá de la cantidad y calidad de la pastura disponible para los animales. Las pasturas templadas de alta calidad utilizadas en la alimentación del rodeo lechero tienen un alto contenido proteico pero de alta degradabilidad ruminal. Dietas proteicas altamente degradables, más un ambiente ruminal sub-óptimo para el crecimiento bacteriano podrían generar una situación con insuficientes niveles de proteína metabolizable disponible para el animal, lo que limitaría la síntesis de leche en la glándula mamaria. En estas condiciones la combinación de carbohidratos de rápida fermentación con un nivel alto de proteína degradable en rumen (**PDR**) resulta equilibrada para la síntesis de proteína microbiana; sin embargo, como consecuencia de un mayor grado de actividad fermentativa en el rumen pueden afectarse de forma negativa el consumo y la

producción de leche (De Blas y col., 1995). Para permitir el crecimiento microbiano óptimo, logrado a través de un balance de energía y proteína adecuado, es necesaria la suplementación energética de las pasturas (Beever y Siddons, 1986, cit. por Chilbroste, 1998a).

Generalmente los aumentos son en el rendimiento de proteína láctea, y no en su concentración. Eso se debe a que la mayor parte del incremento logrado en la proteína es acompañado por aumentos en la producción de leche (González y col., 2001; Astigarraga, 2003).

La cantidad de proteína ofrecida en la dieta tiene poco efecto sobre el tenor en leche (González y col., 2001). Esta tendrá efectos sobre la concentración de proteína en leche sólo cuando la subnutrición proteica sea severa. En estos casos aumentos en los aportes de proteína cruda pueden aumentar levemente el porcentaje de proteína láctea (Rearte, 1992). Sin embargo si el aporte de proteína cruda (**PC**) cubre los requerimientos de los animales, superar ese nivel no repercutirá sobre la producción ni el porcentaje de proteína en leche. Aumentar el suministro de PB a niveles superiores al 18% de la dieta no ha mostrado tener efectos sobre la producción de leche (Mendoza, 2010).

Para que la PDR se utilice eficientemente a nivel ruminal, es necesario un aporte de energía apropiado. Si la ingesta de PDR es excesiva, y no se acompaña de una fuente de energía que permita acompañar la rápida liberación de amoníaco, la capacidad de los microorganismos para asimilarlo se ve superada. El amoníaco producido se absorbe y es transportado al hígado donde es transformado a urea, por medio de un proceso que tiene un costo energético. Los excedentes son excretados a través de la orina y de la leche originando concentraciones de nitrógeno no proteico (**NNP**) en éstas, superiores a lo normal (Acosta y col., 2005).

La alimentación es la principal responsable de la concentración de urea en leche o **MUN** (por sus siglas en inglés). La urea presente en el suero sanguíneo difunde a través de las células secretoras de la glándula mamaria constituyendo una fracción variable del nitrógeno total de la leche, que representa alrededor del 50% del NNP y alrededor del 2,5% del nitrógeno total. La determinación del MUN sería una forma de monitorear adecuadamente la proteína ofrecida en la dieta (PDR y proteína soluble) y el balance energético en la alimentación. Los métodos enzimáticos o físicos usados para tal fin son rápidos y no invasivos ya que la leche se puede coleccionar fácilmente (Acosta y col., 2005).

La inclusión de suplementos con alto contenido de PNDR parece tener una respuesta variable. Sin embargo, cuando la suplementación con PNDR originó una respuesta productiva, fue principalmente en términos de producción de leche más que en incremento de su concentración proteica (Rearte, 1992). Se obtuvo también una respuesta clara al aporte duodenal de proteína al inicio de la lactación con un balance energético negativo, donde la alta demanda de aminoácidos coincide con un bajo aporte de proteína microbiana (Guada, 1993).

Además de considerar el contenido de proteína de la dieta y su degradabilidad se debe tener en cuenta su calidad aminoacídica. Por esta razón en sistemas intensivos de producción se ha considerado la suplementación con formas comerciales de aminoácidos protegidos ruminalmente. La variabilidad en la respuesta es muy manifiesta ya que la misma dependerá del suministro de aquellos aminoácidos que realmente sean limitantes para la síntesis de leche, como ser la lisina y metionina (Astigarraga, 2003).

Se debe tener en cuenta que la lisina suele ser limitante en dietas con alta proporción de alimentos derivados del maíz, y que en dietas donde se utilice harina de soja como principal suplemento proteico la cantidad de metionina puede ser insuficiente (González y col., 2001). Según el NRC (2001) se requieren concentraciones de lisina y metionina de 7,2% y 2,4% de proteína metabolizable, respectivamente.

#### 4.2. LOS CARBOHIDRATOS, SU DIGESTIÓN Y METABOLISMO

Es reconocido cuan importantes son los carbohidratos para la nutrición de los ruminantes. Su metabolismo, a nivel del rumen por acción de los microorganismos, dan como resultado la producción de AGV, los cuales aportan entre un 70 a 80% de las necesidades de energía del hospedador (Church, 1993). Además de su función principal, proporcionar energía, poseen una secundaria pero no menos importante, la de mantener la salud del tracto gastrointestinal (NRC, 2001).

Una manera de clasificarlos según su función en las plantas es en carbohidratos estructurales (**CE**); integrados por celulosa, hemicelulosa y lignina y en no estructurales (**CNE**); como los azúcares, almidones, ácidos orgánicos, fructanos. Los primeros se encuentran en las paredes celulares de las plantas, mientras que los restantes dentro de las mismas (NRC, 2001). Con respecto a los CE, es la celulosa el polímero sencillo más abundante en la naturaleza, formando la estructura fundamental de las paredes celulares, íntimamente asociado física y químicamente a otros compuestos como son las hemicelulosas y la lignina. Cabe destacar que esta última no es un carbohidrato, es un polímero formado a partir de tres derivados del fenilpropano, unido por fuertes enlaces químicos a la mayoría de los polisacáridos vegetales. Su conocida función de otorgar resistencia a la degradación química es de gran importancia en la nutrición animal (Mc Donald y Green, 1999).

El NRC destaca que las medidas de fibra más utilizadas en nutrición son la fibra cruda (**FC**), la fibra neutro detergente (**FND**), que incluye a la celulosa, hemicelulosa y lignina, y la fibra ácido detergente (**FAD**), diferenciándose de la anterior por carecer esta última de hemicelulosa. La FND es considerada la mejor forma de expresar la fibra en la alimentación de los animales.

Por otra parte, los CNE, tienen al almidón como el polisacárido de reserva de preferencia, que está formado por dos polisacáridos que difieren en su estructura: la amilosa, presente en un 20 al 30%, y la amilopectina en un 70 al 80% del total de la composición (McDonald y Green, 1999).

La clasificación en fibrosos (**CF**) y no fibrosos (**CNF**) está basada en sus características nutricionales más que en la composición química o en la función que cumplen en las plantas. Nutricionalmente los CF representan los componentes del alimento que son indigestibles o de digestión lenta, como ser la hemicelulosa, la celulosa y la lignina. Los CNF representan la fracción de más rápida digestión, e incluyen pectinas, almidón y azúcares. Los CF ocupan espacio en el rumen y requieren de intensa masticación para reducir el tamaño de las partículas para el pasaje por el tracto digestivo. Los CNF se degradan más rápidamente y contribuyen con poco volumen a nivel del rumen (Mertens, 1992).

Es importante destacar la diferencia CNE y CNF; siendo dada por la pectina, incluida como parte de los CNF. La pectina es un componente de la pared celular, pero es considerado un CNF ya que es fácil y rápidamente degradado (Mertens, 1992).

Básicamente el consumo de carbohidratos por los rumiantes es en forma de celulosa y almidón. Ambos polisacáridos son generalmente inversamente proporcionales a nivel de la dieta, ya que los CNE (presentes en el almidón) junto a la pectina, son muy digeribles y su porcentaje aumenta a expensas de la FND (NRC, 2001).

A nivel del rumen estos carbohidratos son fermentados por diferentes microorganismos, en su mayoría bacterias, dando como producto final AGV y gases (metano, dióxido de carbono), además de energía y calor (Wattiaux y Armentano, 2005). La proporción de cada producto final de la fermentación ruminal será condicionada por el tipo de carbohidrato fermentado, las bacterias presentes y el ambiente ruminal durante la fermentación. Prácticamente la totalidad de los AGV producidos son absorbidos a nivel de rumen, retículo y omaso (Church, 1993). La alimentación con concentrados ricos en CNF aumenta la producción de ácido propiónico y disminuye la relación acetato:propionato; por el contrario, la administración de forraje, ricos en fibra, aumenta la de acético (Rearte, 1992).

En rumiantes la glucosa necesaria a nivel tisular es aportada principalmente por vía neoglucogénica, a partir de aminoácidos, glicerina, lactato y propionato, siendo el último el único AGV que ejerce una contribución neta para la síntesis de glucosa. La cantidad de lactato y propionato disponible para este proceso está directamente relacionada con la cantidad de CNE de la dieta. A su vez la proporción de precursores neoglucogénicos disponibles para el hígado es el factor que determina la cantidad de glucosa (Church, 1993).

Como vimos en la sección 4.1.1 las necesidades de glucosa aumentan considerablemente durante la lactación, siendo incluso mayores que las requeridas para el feto. En vacas de alta producción, la síntesis de lactosa puede suponer del 60-85% del metabolismo total de glucosa corporal (Church, 1993). De ahí la importancia de los CNE en el apoyo a la neoglucogénesis hepática para el mantenimiento, preñez y lactogénesis (Overton y Waldron, 2004).

### 4.3. PERÍODO DE TRANSICIÓN EN VACAS LECHERAS

#### 4.3.1. Fisiología del período de transición

El éxito de las vacas lecheras está determinado por su nivel productivo, la recuperación de la función reproductiva postparto y la ausencia de problemas patológicos; para que el animal tenga una buena lactación se requiere necesariamente de un buen programa de manejo, cuidados y alimentación preparto (Calsamiglia, 2000).

En las vacas lecheras el período de transición (**PT**) se caracteriza por cambios importantes en la fisiología y el metabolismo de estos animales. Se ha definido como el período comprendido entre las 3 semanas previas y las 3 semanas posteriores al parto (Grummer, 1995).

Durante las 2-4 últimas semanas de la gestación, se produce un incremento importante de las necesidades energéticas del animal, debido al desarrollo fetal y a las necesidades correspondientes a la síntesis de calostro, acompañado de una disminución sustancial del consumo de materia seca (Grummer, 1995; Goff y Horst, 1997).

Durante el postparto temprano, los requerimientos del animal se cuadriplican con respecto a las semanas anteriores, permaneciendo un consumo voluntario deprimido, lo que conllevará a un desbalance entre aportes y necesidades del organismo, desencadenando un balance energético negativo (**BEN**). A pesar de su nombre, no solamente se da un desbalance en términos de energía, sino también se ven demandas insatisfechas para aminoácidos, ácidos grasos, glucosa y calcio. El grado de BEN que sufre el animal y su duración, depende principalmente de las condiciones y el manejo de la alimentación que se realice durante este período y en las semanas preparto (Chilliard, 1999).

La vaca enfrenta estos desafíos realizando distintas adaptaciones. La adaptación primaria del metabolismo de la glucosa para la lactancia es el aumento simultáneo de la gluconeogénesis hepática y una disminución en la oxidación de la glucosa por los tejidos periféricos para dirigirla hacia la glándula mamaria para la síntesis de lactosa (Overton y Waldron., 2004).

El ganado vacuno también tiene la capacidad de compensar las carencias alimentarias de energía movilizandando grasa corporal, pero un exceso termina desencadenando problemas reproductivos y patológicos (Grummer, 1995; Goff y Horst, 1997). La importante movilización de grasa que se da durante PT viene acompañada de una significativa elevación de AGNE. Este incremento en los AGNE puede ser acompañado de una aumentada producción de  $\beta$ -hidroxibutirato el cual denota una lipólisis y déficit energético (Adrien, 2010).

Los AGNE circulantes, producto de la degradación de triglicéridos, son captados por el hígado y esterificados para formar nuevamente triglicéridos o son parcialmente oxidados dando origen a los cuerpos cetónicos. Estos cuerpos cetónicos se incrementan cuando la disponibilidad de precursores de

glucosa es baja y no pueden ser utilizados con fines energéticos, en este momento el animal queda predispuesto a otras de las patologías comunes del posparto temprano, la cetosis (Repetto y Cajarville, 2006).

La cetosis es un trastorno multifactorial del metabolismo energético caracterizado por una hipoglicemia y cetonemia (acumulación en sangre de acetoacetato, betahidroxibutirato, acetona e isopropanol) Afecta generalmente vacas en buena condición, con un potencial alto de producción y principalmente en el primer mes de lactación, desencadenando en una pérdida de peso, pica, inapetencia, disminución en la producción de leche y anormalidades neurológicas (Radostits, 2002)

Otro de los cambios trascendentales que ocurren en este período, es el relacionado a la dinámica digestiva del animal. Hay una evolución bastante drástica en el consumo de alimento en el período seco y lo que se consume durante la lactancia temprana, este cambio no es solo en la cantidad, sino también en lo referente al tipo de alimento que se le suministra. Durante el período seco el animal consume una dieta menos concentrada, lo cual va a repercutir en la flora ruminal y en los perfiles de ácidos grasos. La vaca lechera durante el período seco va a perder capacidad adsorptiva de sus papilas ruminales, esto se traduce en un acortamiento de las mismas (Repetto y Cajarville, 2006).

El periparto es para la vaca lechera un momento estresante, repercutiendo en la capacidad inmunitaria del animal. Los cambios en los niveles hormonales desencadenantes del parto, como son el aumento de cortisol y estrógenos, el pasaje de inmunoglobulinas hacia la glándula mamaria para la formación de calostro y el BEN, son los factores causantes de la inmunosupresión que atraviesa la vaca de alta producción durante el PT (Calsamiglia, 2000).

4.3.2. Estrategias para el manejo de la vaca en el período de transición con énfasis en el aporte de fuentes de carbohidratos.

El objetivo principal de las estrategias de manejo nutricional de las vacas lecheras durante el PT debe prestar principal atención a las adaptaciones metabólicas que va a requerir el animal durante este período crucial (Overton y Waldron, 2004).

La gestión del manejo de la vaca en transición implica una adaptación a la ración suministrada al inicio de la lactancia y el evitar los trastornos metabólicos típicos de este período; el objetivo es poder lograr aumentar el consumo de materia seca, evitar una drástica reducción de la condición corporal y mejorar la producción de leche, la salud y reproducción de la vaca lechera (Roche y col., 2010).

El centro de atención en este período es el control del BEN. Se debería poner énfasis en suministrar al animal el máximo posible de energía y reducir la movilización grasa en el periparto. El aporte de energía depende de la ingestión de materia seca y de su concentración energética; por otra parte las raciones

deben formularse con la energía e ingredientes necesarios para limitar la pérdida de condición corporal (Grummer, 1995).

Incrementar la concentración de cereales es una alternativa muy utilizada, ya que no solo tienen una elevada concentración energética, sino que estimulan la adaptación del rumen al entorno amilolítico, para el desarrollo de poblaciones utilizadoras del ácido láctico (Dirksen y col., 1985, cit. por Calsamiglia, 2000).

Ha sido demostrado que el epitelio ruminal es afectado por los niveles y las estrategias de alimentación. Un bajo nivel de alimentación en el período seco causa la degeneración del mismo; esto puede ser evitado ya que el epitelio ruminal prolifera cuando a vacas secas se les administra altos niveles de alimentación 2 semanas antes del parto, presentando un área de epitelio ruminal mayor durante los primeros 2 meses de lactancia (Mayer y col., 1986, cit. por Andersen y col., 1999).

Un sector importante de la investigación, se ha dedicado a examinar la nutrición de carbohidratos de las vacas lecheras durante el período seco (Overton y Waldron, 2004). Ello se debería a los efectos positivos que tendría la inclusión de alimentos ricos en CNF en la alimentación preparto de CNF, ya que colaboraría en la adaptación de los microorganismos a las dietas con mayor concentración de nutrientes, y en el desarrollo de las papilas del rumen, lo que llevaría a una mejor acostumbramiento del animal a las dietas ricas en CNF que recibirá en el posparto (Repetto y Cajarville, 2006). Además, una dieta rica en CNF incrementaría la producción de propionato en rumen, y de glucosa a nivel hepático, lo que aportaría sustratos para la demanda creciente del feto y el inicio de la lactogénesis, así como estimularía la secreción de insulina, trayendo consigo una disminución de la movilización de tejido adiposo, lo que prevendría la aparición de cetosis (Polakova y col., 2010). También se ha sugerido que los CNF atenuarían la disminución en la ingestión de materia seca durante el preparto (Calsamiglia, 2000). Es sabido que existe una relación positiva entre el nivel de consumo preparto y el nivel de consumo posparto, por lo que este conjunto de ventajas alcanzadas en el preparto podría traducirse en una mayor ingesta de nutrientes en el posparto, y favorecería el logro de una mayor producción de leche, con una mejor composición de la misma.

Las dietas a base de pasturas o forrajes aportan poca cantidad de CNF, aproximadamente entre un 11 a un 15% (Roche y col., 2010). Por lo tanto, se estaría frente a un escaso aporte de sustratos gluconeogénicos en el preparto y posparto temprano, momento durante el cual se produce una continua demanda de glucosa, señalando un beneficio por el incremento en la administración de precursores gluconeogénicos durante estos períodos (Roche y col., 2010).

Cavestany y col. (2009) sugieren que la suplementación preparto con grano de maíz quebrado aumentó la producción de leche, redujo el reinicio de la actividad ovárica, en consonancia con una mejor condición corporal y una mejora en los perfiles metabólicos.

Minor y col. (1998) y Moallem y col. (2004) observaron una mayor producción de leche y de grasa en leche en las vacas alimentadas con una dieta periparto con un mayor nivel de CNF en comparación con dietas más bajas en ellos. Además, el aumento de la capacidad de fermentación del almidón de la dieta preparto ha mejorado el consumo de materia seca y la producción de leche.

Según Amanlou y col. (2008), la alimentación preparto con grano de trigo aumentó la producción de leche corregida por grasa durante los primeros 21 días posparto. Por lo tanto, la alimentación con un 18% de grano de trigo en la dieta preparto, facilitó la transición metabólica de la gestación a la lactancia de las vacas lecheras.

A pesar de que existen trabajos que apoyan el uso de CNF como fuente de energía en la dieta preparto, existen evidencias de que la alimentación durante el período seco con alimentos ricos en almidón no parece proporcionar beneficios claros en términos de movilización corporal inmediatamente después del parto, ni de aumento de la ingesta durante la lactación o la producción de leche (Friggens y col., 2004). Para Overton y Waldron (2004), la mayoría de los experimentos realizados sobre el contenido de CNF en la dieta han confundido el contenido de éstos con la concentración de energía neta de lactación (**ENL**), ya que por lo general, el incremento en el contenido de CNF aumenta simultáneamente la energía total de la dieta. Esto indica que los efectos generalmente positivos sobre el rendimiento y el metabolismo en vacas alimentadas con dietas ricas en CNF en el preparto estarían relacionados más que nada con el suministro de energía aportada por esta fuente de carbohidratos. En este sentido, usando dietas isoenergéticas, ni Smith y col. (2005) ni Roche y col. (2010) observaron diferencias en la producción y composición de la leche de vacas en lactancia temprana que habían sido alimentadas en el preparto con dietas que aportaban distinta cantidad de CNF.

El grano de maíz y la cáscara de soja son dos alimentos contrastantes en cuanto al tipo de carbohidratos que aportan, y ambos alimentos podrían ser utilizados sin problemas en las dietas preparto de vacas lecheras. El maíz es el cereal de más aceptación en la alimentación de rumiantes por su alto valor energético (2 Mcal ENL/kg MS), buena palatabilidad, baja variabilidad en su composición y ausencia de factores antinutritivos. Posee un alto contenido en almidón (63-65%), además de tener un bajo contenido de FND (8-9%). Por otra parte, la cascarilla de soja, resulta del procesamiento industrial del grano de soja, posee un alto contenido en FND (mayor al 60%), un escaso nivel de almidón y una concentración energética de 1,75 Mcal ENL/kg MS. Se caracteriza por una alta palatabilidad, aporte de energía similar a los cereales y una fibra altamente degradable en rumen. (Repetto y col., 2003).

## 5. HIPÓTESIS

La producción de leche, el contenido y rendimiento de grasa, proteína y lactosa, se verán afectados por el tipo de carbohidrato (fibroso vs no fibroso) utilizado en dietas preparto.

## 6. OBJETIVOS

### 6.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la inclusión de distintas fuentes de carbohidratos en la dieta preparto sobre el desempeño productivo de vacas en la lactancia temprana a pastoreo.

### 6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estudiar el efecto que tiene la fuente de carbohidratos sobre la producción de leche.

Estudiar el efecto que tiene la fuente de carbohidratos sobre el contenido y rendimiento de grasa, proteína, lactosa y urea en leche.

Estudiar el efecto que tiene la fuente de carbohidratos sobre la eficiencia bruta de uso de la energía y el nitrógeno ingerido para producción de leche.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1. Animales

Se seleccionaron 24 vacas multíparas raza Holstein pertenecientes al rodeo de la Unidad de Lechería de la Estación Experimental de INIA "La Estanzuela" (ruta 50 km 11).

### 7.2. Diseño experimental

Los animales se distribuyeron en bloques según la producción en la lactancia anterior ( $6736 \pm 866$  kg), condición corporal ( $3,4 \pm 0,3$ , escala de 1 a 5 puntos) y peso vivo ( $566 \pm 61$  kg), para luego ser asignados al azar a uno de dos tratamientos. Las dietas experimentales fueron suministradas a los animales en comederos individuales diariamente durante las 3 últimas semanas antes del parto previsto.

### 7.3. Tratamientos y manejo de los animales

Las dietas experimentales suministradas en el preparto consistieron de una RTM, compuesta por ensilaje de planta entera de maíz, harina de soja, sales minerales y urea, a la que se adicionó una fuente de carbohidratos según el tratamiento correspondiente. En el tratamiento maíz (**TMAIZ**) se incluyó como

fuelle de CNF grano de maíz seco y molido, rico en almidón, y en el tratamiento soja (**TCSOJA**) se incluyó cáscara de soja como fuente de CF, rica en fibra de alta digestibilidad.

Ambas dietas fueron formuladas de forma que cubrieran los requerimientos de una vaca Holstein de 600 kg en el último tercio de gestación. Para esto se usaron las normas de alimentación de ganado lechero del NRC (2001). Diariamente se ofreció 8,3 o 9,0 kg (base seca) de cada RTM a las vacas del tratamiento 1 y 2, respectivamente, de forma que aportaran aproximadamente la misma cantidad diaria de ENL y proteína cruda (**PC**), difiriendo únicamente en la fuente de carbohidratos (fibrosos vs no fibrosos) (Cuadro I).

Luego del parto todos los animales fueron manejados en un único lote. La alimentación posparto consistió en un turno de pastoreo de pradera mezcla de gramíneas y leguminosas, con una oferta diaria por vaca equivalente a 25 kg (base seca), y un turno donde se ofreció una RTM a razón de 35 kg (base fresca) por vaca. El ordeño se realizó dos veces por día, y en cada uno se ofreció a los animales 2 kg de un concentrado comercial (Cuadro II). Durante las semanas 1 y 2 posparto se midió consumo individual, durante tres días consecutivos. Para ello se determinó la cantidad consumida de concentrado y RTM por diferencia entre la cantidad ofrecida y rechazada. El consumo de pastura fue determinado por diferencia de requerimientos de ENL, de la forma descrita por Macoon y col. (2003). Los animales tuvieron acceso a agua a voluntad durante todo el experimento.

**Cuadro I. Composición de las raciones totalmente mezcladas (RTM) experimentales y la RTM usada en el posparto.**

	RTM TMAIZ	RTM TCSOJA	RTM posparto
<i>% de cada alimento (base seca)</i>			
Ensilaje maíz	56,7	51,0	44,5
Grano de maíz seco	24,9	-	31,8
Cáscara de soja	-	35,3	-
Harina de soja	13,9	9,7	16,3
Harina de girasol	-	-	4,7
Urea	1,0	0,8	0,8
Premezcla vitaminas y minerales	3,6	3,2	1,9
<i>Composición química</i>			
MS, %	35,6	38,4	37,9
MO, % de MS	93,5	93,7	92,1
PC, % de MS	15,6	14,3	16,3
FND, % de MS	34,7	48,3	30,4
FAD, % de MS	17,1	29,7	15,4
CNF, % de MS	42,4	31,0	44,1

MS: Materia seca

MO: Materia orgánica

PC: Proteína cruda

FND: Fibra neutro detergente

FAD: Fibra ácido detergente

CNF: Carbohidratos no fibrosos

## Cuadro II. Composición química de concentrados y pastura usados en el experimento.

	Grano de maíz seco	Cáscara de soja	Concentrado comercial	Pastura posparto
MS, %	87,6	87,2	86,6	22,6
MO, % de MS	98,8	94,5	93,7	91,1
PC, % de MS	9,9	11,1	19,0	20,0
FND, % de MS	15,4	64,8	32,1	41,3
FAD, % de MS	2,9	44,8	10,9	23,1
CNF, % de MS	69,3	16,0	27,1	40,6

MS: Materia seca

MO: Materia orgánica

PC: Proteína cruda

FND: Fibra neutro detergente

FAD: Fibra ácido detergente

CNF: Carbohidratos no fibrosos

### 7.4. Mediciones

#### *7.4.1. Composición química de alimentos*

Semanalmente se tomaron muestras de las RTM usadas en el parto, del grano de maíz y de la cáscara de soja. En el posparto se tomaron muestras semanales de la RTM y del concentrado comercial ofrecido, así como de la pastura ofrecida, para lo cual se tomaron muestras de la misma cortada entre 5 y 8 cm de altura. Las muestras se secaron a 60 °C hasta peso constante, se molieron con malla de 1 mm, y en ellas se analizó: materia seca, proteína cruda y cenizas (AOAC, 1990), FND y FAD (Van Soest y col., 1991). El contenido de CNF y ENL de cada alimento se estimó de la forma propuesta por el NRC (2001).

#### *7.4.2. Producción de leche*

La medición se hizo individualmente y diariamente hasta el día 56 post parto.

#### *7.4.3. Composición química de la leche*

Semanalmente hasta el día 56 post parto se tomó 4 muestras de leche en ordeñes consecutivos en frascos con conservante para evaluar el contenido de grasa, proteína, lactosa por método de infra rojo (IDF, 2000), y nitrógeno ureico a través de método enzimático (Lefier, 1996). Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Calidad de Leche de INIA "La Estanzuela".

La producción de leche corregida por grasa al 3,5 % (**LCG**) y leche corregida por sólidos (**LCS**) fueron calculadas mediante las siguientes fórmulas (Carrquiry y col., 2009):

$$\text{LCG} = 0,4324 \times \text{Kg de leche} + 16,218 \times \text{Kg de grasa}$$

$$\text{LCS} = 12,24 \times \text{Kg de grasa} + 7,10 \times \text{Kg de proteína} + 6,35 \times \text{Kg de lactosa} - 0,0345 \times \text{Kg de leche.}$$

#### *7.4.4. Eficiencia bruta de uso del alimento*

Se determinó la eficiencia bruta del uso de la energía consumida dividiendo los kg de LCG ó LCS entre las Mcal de ENL. Esta determinación se realizó para la segunda semana post parto, semana en la cual coincidieron los datos necesarios para el cálculo de dichas eficiencias (producción y composición de leche, y consumo individual de ENL). El dato de consumo diario de ENL se obtuvo a partir de Bértora y col., (2013, datos sin publicar).

Eficiencia 2ª semana post parto = kg LCG / consumo diario de Mcal ENL

Eficiencia 2ª semana post parto = kg LCS / consumo diario de Mcal ENL

De la misma forma, se determinó la eficiencia bruta del uso del nitrógeno (N) consumido, dividiendo los kg de N secretados en la leche entre los kg de N ingerido.

### **7.5. Análisis estadístico**

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, versión 9.1). Los datos de producción y composición de leche se analizaron como medidas repetidas con un modelo lineal mixto, que incluyó el efecto fijo del tratamiento, la semana de medición, y su interacción, y como efecto aleatorio el bloque. La vaca fue considerada como la unidad sobre la cual se hicieron las medidas repetidas y la estructura de covarianza usada fue AR (1). Para las variables de eficiencia se usó un modelo lineal mixto que incluyó el efecto fijo del tratamiento y el efecto aleatorio del bloque. En todos los casos las medias se separaron con el test de Tukey, y se usó un nivel de significancia de  $P < 0,05$ .

## 8. RESULTADOS

Las dietas suministradas durante el parto aportaron la misma cantidad de ENL ( $14,1 \pm 0,26$  Mcal/día), representando el 35% del total de la ENL ofrecida a los animales. Lo mismo ocurrió con la PC, con un consumo promedio para ambas dietas de  $1,27 \pm 0,03$  kg/día. Se encontraron diferencias en el aporte de CNF, donde las vacas del TMAÍZ consumieron diariamente 30% más de CNF respecto al TCSOJA (3,55 vs 2,74 kg/vaca). Por otra parte, durante la semana 1 y 2 posparto no se encontraron diferencias en el consumo de MS de RTM ( $8,10 \pm 0,44$  kg), pastura ( $6,69 \pm 0,57$  kg), concentrado ( $2,21 \pm 0,20$  kg) o total ( $16,9 \pm 0,6$  kg), o el consumo total de PC ( $3,05 \pm 0,12$  kg), FND ( $5,73 \pm 0,24$  kg), FAD ( $2,80 \pm 0,12$  kg) o CNF ( $6,47 \pm 0,21$  kg) entre tratamientos (Bértora y col., 2013, sin publicar).

No se encontró efecto del tratamiento ni una interacción entre tratamiento y día de lactancia sobre la producción de leche, la producción de LCG, porcentaje y rendimiento de grasa, porcentaje y rendimiento de proteína, urea en leche, porcentaje y rendimiento de lactosa ( $P > 0,05$ ; Cuadro III).

En lo que refiere al efecto semana no se observaron diferencias significativas para % de grasa y urea en leche (mg/dl). Sin embargo se detectó un efecto significativo de la semana de lactancia sobre la producción de leche (kg/d), el porcentaje de proteína y lactosa. El porcentaje de proteína disminuyó entre la semana 2 y 6, pasando de valores de 3,5 a 3,0%, respectivamente, para luego mantenerse estables. El porcentaje de lactosa aumentó entre la semana 2 y la 5, pasando de 4,68 a 4,79%, respectivamente, para luego permanecer estable.

**Cuadro III. Producción y composición de leche (promedio diario hasta el día 56 posparto).**

	Tratamiento		EEM	Efecto		
	TMAÍZ	TCSOJA		Trat	Semana	Trat x semana
<b>Leche, kg/d</b>	30,18	30,77	1,05	NS	<0,0001	NS
<b>LCG, kg/d</b>	35,31	35,51	1,30	NS	<0,0001	NS
<b>LCS, kg/d</b>	31,89	31,90	1,11	NS	<0,0001	NS
<b>Grasa, %</b>	4,209	4,157	0,078	NS	NS	NS
<b>Grasa, kg/d</b>	1,333	1,331	0,052	NS	<0,0001	NS
<b>Proteína, %</b>	3,165	3,129	0,041	NS	<0,0001	NS
<b>Proteína, kg/d</b>	0,995	0,999	0,033	NS	<0,0001	NS
<b>Lactosa, %</b>	4,783	4,733	0,045	NS	<0,0001	NS
<b>Lactosa, kg/d</b>	1,513	1,520	0,049	NS	<0,0001	NS
<b>Urea, mg/dl</b>	19,54	19,32	0,63	NS	NS	NS

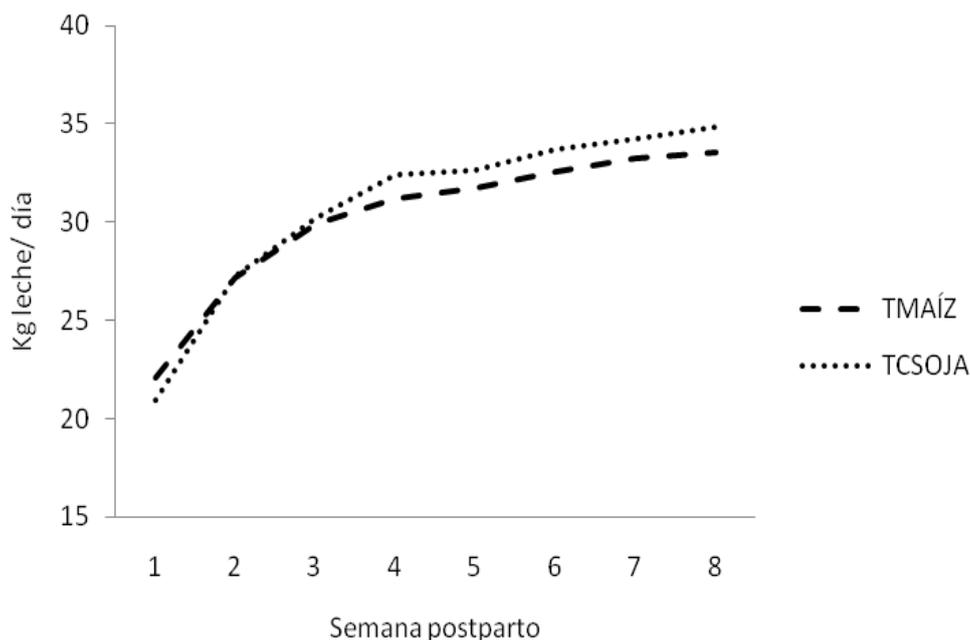
TMAÍZ: Maíz como fuente de carbohidratos no fibrosos

TCSOJA: Cascarilla de soja como fuente de carbohidratos fibrosos

EEM: error estándar de la media

LCG kg/ d: leche corregida por grasa al 3,5% en kg/d; LCS kg/d: leche corregida por sólidos en kg/d

NS: no significativo



**Figura I.** Producción diaria de leche (Kg/día) en vacas a las que se les suministró dietas preparto isoenergéticas que difieren en el tipo de carbohidrato (TMAÍZ, TCSOJA).

Con respecto a las eficiencias de uso de la ENL y el nitrógeno para la producción de leche, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro IV).

**Cuadro IV: Eficiencia de uso del alimento consumido para producción de leche durante la semana 2 posparto.**

	Tratamiento		EEM	Efecto Trat
	TMAÍZ	TCSOJA		
<b>Eficiencia, kg LCS/Mcal ENL ingerida</b>	0,935	0,933	0,012	NS
<b>Eficiencia, kg LCG/Mcal ENL ingerida</b>	1,010	1,016	0,017	NS
<b>Eficiencia, g N leche/g N ingerido</b>	0,294	0,285	0,005	NS

TMAÍZ: Maíz como fuente de carbohidratos no fibrosos  
TCSOJA: Cascarilla de soja como fuente de carbohidratos fibrosos  
EEM: error estándar de la media  
LCG: Leche corregida por grasa  
LCS: Leche corregida por sólidos  
NS: no significativo

## 9. DISCUSIÓN

En el presente trabajo no se observaron efectos del tratamiento ni una interacción entre tratamientos y día de lactancia sobre la producción de leche, producción de LCG, porcentaje y rendimiento de grasa, porcentaje y rendimiento de proteína, nitrógeno ureico, porcentaje y rendimiento de lactosa, si bien se observó que los animales de TMAIZ consumieron 30% más de CNF que los de CSOJA.

Los requerimientos aumentados de glucosa durante la transición entre el fin de la gestación y el inicio de la lactogénesis proporcionan una justificación teórica para aumentar el contenido de la dieta de CNF durante el período previo al parto, como forma de ayudar a la transición metabólica de la vaca en este período (Roche y col., 2010). Además, entre el secado y el inicio de la nueva lactación existen cambios de raciones que son cuanti y cualitativamente importantes (Calsamiglia, 2000). Por ello, la utilización de los CNF ha sido fundada también en la necesidad de la adaptación de los microorganismos del rumen y las papilas del mismo a las dietas de lactancia altamente fermentables (Amanlou y col., 2008). Al incorporarlos en las dietas preparto se obtendría un mayor desarrollo de las poblaciones de bacterias que utilizan el ácido láctico y se estimularía el desarrollo de las papilas por la mayor producción de ácido propiónico (Calsamiglia, 2000). Tomados en conjunto, todas estas modificaciones estimularían un mayor consumo de precursores de la glucosa y de nutrientes en general durante el periparto, lo que podría verse reflejado en una mayor producción de leche, con una mayor concentración de sólidos.

Sin embargo, en trabajos que reportan ventajas (ejemplo: Minor y col., 1998), no se pudo diferenciar si estos efectos positivos sobre la producción y/o composición de leche fueron debidos solamente a la modificación en la fuente de carbohidratos, o también a un mayor aporte de energía u otros nutrientes al dar las fuentes ricas en CNF.

En el presente experimento, en la medida en que la modificación de la fuente de carbohidratos en el preparto no afectó el consumo de materia seca, proteína cruda, CNF o ENL (Bértora y col., 2013, sin publicar), es explicable que no se hayan afectado las principales variables de producción y composición de leche. Por ejemplo, se conoce que el consumo de nutrientes es la principal variable que explica el desempeño productivo de los animales (Chilibroste, 1998b).

En el caso de la grasa de leche, su variación tanto en porcentaje como rendimiento diario, depende de una amplia gama de factores dietéticos, como la cantidad de fibra, la relación forraje: concentrado, la composición de carbohidratos de los concentrados, los lípidos, la ingesta y frecuencia de las comidas (Sutton, 1989). En principio, ninguno de estos factores habría sido distinto en el posparto entre vacas de TMAIZ o TCSOJA, por lo que se justifica la ausencia de diferencias en estas variables.

Con respecto a la proteína láctea, se ha reportado frecuentemente que su producción y/o porcentaje en leche está asociado positivamente al consumo de energía (DePeters y Cant, 1992), asociado específicamente a la ingesta de

almidón, más que al consumo de energía en general (Mendoza, 2010). Sin embargo, como ya se dijo el consumo de CNF posparto no fue distinto entre tratamientos, y esto habría explicado que no se encontraran diferencias en producción y porcentaje de proteína. En el caso de la urea en leche, su concentración varía por distintos motivos, entre ellos están: el clima, la raza, la época de parición, el número de lactancias y, sobre todo la alimentación (DePeters y Cant, 1992). En el presente estudio no se hallaron diferencias en concentración de urea entre los tratamientos, un resultado esperado si se tiene en cuenta que los principales factores que determinan la presencia de urea en leche (ej. contenido de proteína cruda y su relación con la energía de la dieta) fueron similares en la dieta postparto.

La lactosa es el componente de la leche más difícil de modificar a través de la nutrición, debido a que las respuestas logradas en la leche son demasiado pequeñas e inconsistentes para ser utilizadas de forma práctica (Sutton, 1989), por lo que es lógico no haber encontrado diferencias, sugiriendo que el aporte de precursores de glucosa no habría sido diferente entre vacas que recibieron distinto tratamiento preparto.

Nuestros resultados coinciden con otros realizados a nivel internacional, donde se evaluó la inclusión de fuentes de carbohidratos en las dietas preparto de vacas lecheras de alta producción. Por ejemplo, Polakova y col. (2010) concluyeron que modificar las concentraciones de CNE durante los últimos 21 días preparto no influyó en la producción o composición de leche, excepto en el contenido de urea, que fue mayor en los grupos suplementados con almidón de maíz respecto a los suplementados con sacarosa de remolacha azucarera (262 vs 201 mg/L). Otros autores como Roche y col. (2010) y Smith y col. (2005) no reportaron efectos significativos por alterar la proporción de CNF en dietas preparto (isoproteicas e isoenergéticas) sobre la producción o composición de leche.

Según Roche y col. (2010), las ocasionales diferencias encontradas en la producción y composición de leche reportada por otros autores (Minor y col., 1998), a favor de ofrecer dietas ricas en CNF durante el preparto, son debidas a una mayor ingesta de energía, más que a un efecto específico de los CNF. En nuestro experimento, ya que ambas dietas suministradas aportaron la misma cantidad de energía y proteína pre y posparto, podría decirse que no hay un impacto por modificar la fuente de carbohidratos en el preparto, al menos a los niveles manejados, y que las diferencias que se observaron en otros experimentos se habrían debido a cambios en la ingesta de nutrientes.

Las curvas observadas tanto para producción de leche, porcentaje y rendimiento de proteína en este trabajo son las esperadas en una curva normal de lactancia. La curva de producción de leche presenta un ascenso desde el inicio de la lactancia hasta los 60 días, para posteriormente descender hasta el momento del secado (Gaspard y col., 2004).

Los cambios en la producción de leche van acompañados por cambios en la distribución de los constituyentes de la misma. En las primeras semanas de lactancia se observó un aumento del porcentaje de lactosa (pasó de 4,68 a

4,79% de la semana 2 a la 5), esto concuerda con lo documentado por Gaspard y col. (2004), quienes registraron un aumento de la concentración de lactosa hasta el día 70 de lactancia, la cual fue acompañada de forma paralela por la producción de leche. Estos registraron durante este tiempo, que los porcentajes de grasa y proteína disminuyeron y alcanzaron sus valores más bajos en el día 70 y 100, respectivamente. Una tendencia parecida se observó en este estudio con el porcentaje de proteína, que presentó un descenso de la semana 2 a la 6. Según afirman Oldham y Sutton (1983) en los primeros días postparto se produce un rápido descenso en el contenido de proteínas, acompañado por los sólidos totales y grasa, mientras que la lactosa aumenta llegando a un máximo entre la sexta y duodécima semana de lactancia.

Durante la semana 2 posparto la eficiencia de uso del alimento consumido para producción de leche fue muy similar para TMAÍZ y TCSOJA, presentando valores de 1,01 y 1,02 kg LCG/Mcal ENL ingerida, respectivamente. Estos resultados son inferiores a los obtenidos en experimentos que usan vacas de alta producción y alimentadas con somatotrofina, como por ejemplo el de Carriquiry y col. (2009), que reportó valores de 1,11 kg LCG/Mcal ENL. En lo referente a la eficiencia de uso de nitrógeno, los valores obtenidos (29,4% TMAÍZ; 28,5% TCSOJA) están por debajo de los observados por Broderick (2010), quien revisando un conjunto de experimentos que evaluaron cómo afecta la fuente y el nivel de PDR en la dieta, utilizando niveles similares de PC a los de nuestro experimento (aproximadamente 16-17%), reportó eficiencias de entre 30,7 y 32,4%. Los menores valores de eficiencia obtenidos en nuestro experimento podrían deberse a la inclusión en la dieta posparto de pasturas ricas en leguminosas, que tienen un alto contenido de PC altamente degradable en rumen, lo que resulta en elevadas concentraciones de amoníaco a nivel de rumen (Cajarville y Repetto, 2005), que quizás no pueda ser aprovechado de forma eficiente por los microorganismos del rumen. Hay que señalar que la ineficiencia en la utilización del N trae aparejado un aumento en los costos de producción e impacto contaminante sobre el medio ambiente (Broderick, 2010).

## **10. CONCLUSIONES**

A partir de los datos obtenidos en este trabajo se concluye que la inclusión de diferentes fuentes de carbohidratos en la dieta preparto de vacas lecheras Holstein, no afectó la producción o composición de la leche durante la lactancia temprana.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, Y., Delucchi, M.I., Olivera, M., Dieste, C. (2005). Urea en leche: factores que la afectan. Jornada Técnica de Lechería. Florida. INIA. Serie Actividades de Difusión 455, p: 97-106.
2. Acosta, Y. M. (2001). Alimentación y sólidos en leche. INIA. Uruguay. Disponible en: <http://www.inia.org.uy> Fecha de consulta: 4/05/2013.
3. Adrien, M.L. (2010). Regulación nutricional del estado corporal al inicio del período de transición en vacas lecheras en condiciones de pastoreo: Efectos sobre producción de leche, reinicio de la ciclicidad ovárica posparto y Parámetros metabólicos. Tesis de maestría. Facultad de Veterinaria. 36 p.
4. Amanlou, H., Zahmatkesh, D., Nikkhah, A. (2008). Wheat grain as a prepartal cereal choice to ease metabolic transition from gestation into lactation in Holstein cows. *J Anim Physi Anim Nutr*; 92:605-613.
5. Andersen, J.B., Sehested, J., Ingvarsen, K.L. (1999). Effect of dry cow feeding strategy on rumen pH, concentration of volatile fatty acids and rumen epithelium development. *Acta Agric Scand Anim Sci*; 49:149-155.
6. AOAC. (1990). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of analysis. 15th ed. Office of the federal Register, Kenneth Helrich. Arlington. 1103p
7. Astigarraga, L. (2003). El manejo de la alimentación como herramienta para modificar la composición química de la leche. En: Cabrera, M.C., Astigarraga, L., Saadoun, A. Calidad de alimentos y calidad de productos de origen animal. Montevideo. Universidad de la República, p. 135-150.
8. Bach, A., Calsamiglia, S. (2006). La fibra en los rumiantes: ¿Química o Física? FEDNA. Universidad Autónoma de Barcelona. Curso de Especialización N° 22, p: 99-113.
9. Bauman, D.E., Griinari, J.M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu Rev Nutr*; 23: 203-227.
10. Broderick, G.A. (2010). Nuevas perspectivas en la eficiencia del uso del nitrógeno en vacas lecheras. Simposio: Claves para el manejo nutricional de las vacas de alto potencial. 15 de abril. Colonia, Uruguay. pp: 5-18.
11. Cajarville C, Repetto JL. (2005). Uso de concentrados para optimizar el aprovechamiento digestivo de las pasturas. XXXIII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. pp.121-128.
12. Calsamiglia, S. (2000). Nuevos Avances en el Manejo y Alimentación de la vaca durante el parto. FEDNA. Madrid. Curso de Especialización N° 16, p. 45-66.

13. Calsamiglia, S. (1997). Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. FEDNA. Madrid. Curso de Especialización N° 13, p. 3-19.
14. Carriquiry, M., Weber, W.J., Dahlen, C.R., Lamb, G.C., Baumgard, S., Crooker, B.A. (2009). Production response of multiparous Holstein cows treated with bovine somatotropin and fed diets enriched with  $\Omega 3$  or  $\Omega 6$  fatty acids. *J Dairy Sci*; 92: 4852-4864.
15. Cavestany, D., Kulcsár, M., Crespi, D., Chilliard, Y., La Maná, A., Balogh, O., Keresztes, M., Delavaud, C., Huszenicza, G., Meikle, A. (2009). Effect of prepartum energetic supplementation on productive and reproductive characteristics and metabolic and hormonal profiles in dairy cows under grazing conditions. *Reprod Dom Anim*; 44: 663-671.
16. Cavestany, D., La Manna, A., Mendoza, A. F. (2006). Efecto de diferentes dietas durante el período de transición sobre la producción y calidad de leche y el inicio de la actividad ovárica de vacas lecheras en pastoreo. *Jornada Técnica de Lechería. INIA. Serie Actividades de Difusión N° 455 p. 9-16.*
17. Cirio, A.; Tebot, I. (2000). *Fisiología metabólica de los rumiantes. Departamento de Fisiología. Facultad de Veterinaria. Montevideo. 146 p.*
18. Chilibroste, P. (1998a). Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero: II Balance de nutrientes. XXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. p: 8-12.
19. Chilibroste, P. (1998b). Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero: I Predicción del consumo. XXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. pp: 13-31.
20. Chilliard, Y. (1999). Metabolic adaptation and nutrient partitioning in the lactating animal. En: Martinet, J., Houdebine, L.M., Head, H.H. *Biology of lactation. Martinet, J., Houdebine, L.M., Head, H.H. Paris. p. 502-552.*
21. Church, C.D. (1993). *El rumiante: Fisiología Digestiva y Nutrición. Zaragoza. Acribia. 641 p.*
22. De Blas, C. (2004). Cambios en el perfil de ácidos grasos en productos animales en relación con la alimentación animal y humana. Importancia del ácido linoleico conjugado. FEDNA. Madrid. Curso de Especialización N° 20, p. 79-100.
23. De Blas, C., Rebollar, P.G., Méndez, J. (1995). Utilización de cereales en dietas de vacuno lechero. FEDNA. Universidad Politécnica de Madrid. Curso de Especialización N° 11, p: 48-67.
24. DePeters, E.J., Cant, J.P. (1992). Nutritional factors influencing the Nitrogen composition of bovine milk: A review. *J Dairy Sci*; 75: 2043-2070.

25. Friggens, N.C., Andersen, J.B., Larsen, T., Aaes, O., Dewhurst, R.J. (2004). Priming the dairy cow for lactation: a review of dry cow feeding strategies. *Anim Res*; 53:453-473.
26. Gallardo, M. (2006). Alimentación y composición química de la leche. INTA Rafaela. Argentina, 10 p. Disponible en: [http:// www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) Fecha de consulta: 21/06/2013.
27. Gáspardy, A., Schwartz, Z., Zoldág, L., Veresegyházy, T., Fekete, S. (2004). Changes in daily energy amounts of main milk components (lactose, protein and fat) during the lactation of high-yielding dairy cows. *Acta Vet Hung*; 52: 457–467.
28. Goff, J.P., Horst, R.L. (1997). Physiological changes at partition and their relationship to metabolic disorders. *J Dairy Sci*; 80: 1260-1268.
29. González, F.H.D., Dürr, J.W., Fontaneli, R.S. (2001). Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras. (Ed: Felix H.D. González). Porto Alegre. 72p.
30. González, C.J. (2006). Aprovechamiento intestinal de la proteína de los alimentos en rumiantes. FEDNA. Universidad Politécnica de Madrid. Curso de Especialización N° 22, p: 203-216.
31. Grummer, R.R. (1995). Impact of changes in organic nutrient metabolism of feeding the transition dairy cow. *J Anim Sci*; 73: 2820-2833.
32. Guada, J.A. (1993). Efectos del procesado sobre la degradabilidad ruminal de proteína y almidón. FEDNA. Facultad de Veterinaria de Zaragoza. Curso de Especialización N° 9, p. 31-44.
33. Hernández, R.R. (2003). Caracterización, diagnóstico y corrección de alteraciones en las características físico-químicas de la leche. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. La Habana. 130p.
34. Ibarra, A. (1997). Sistemas de pago de leche. Simposio: Seminario Regional de Calidad de leche. 21,22 y 23 de Mayo. Atlántida, Uruguay. p.46
35. IDF. International Dairy Federation. (2000). Whole milk: Determination of milk fat, protein and lactose content. Guidance for the operation of mid infrared instruments. IDF. Standard N° 141 C. Brussels, Belgium.12p.
36. Lefier, D. (1996). Analytical methods for the determination of the urea content in milk. *IDF Bull*; 315: 35-38.
37. Macoon, B., Sollenberger, L.E., Moore, J.E., Staples, C.R., Fike, J.H., Portier, K.M. (2003). Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *J Anim Sci*; 81:2357–2366.

38. Mc Donald, E., Green Halgh, M. (1999). *Nutrición animal*. 5a ed. Zaragoza, Acribia. 576 p
39. Mendoza, A. (2010). Manipulación de la composición de la leche a través de la alimentación. Simposio: Claves para el manejo nutricional de las vacas de alto potencial. 15 de abril. Colonia, Uruguay. pp: 29-58.
40. Mertens, D. R. (1992). Nonstructural and structural carbohydrates. *Large Dairy Herd Management*. Am. Dairy Sci. Assoc., Champaign, IL. pp: 219-235.
41. Minor, D.J., Trower, S.L., Stratang, B.D., Grummer, R.R. (1998). Effects of nonfibre carbohydrate and niacin on periparturient metabolic status and lactation of dairy cows. *J Dairy Sci*; 81:189-200.
42. Moallem, U., Bruckental, I., Sklan, D. (2004). Effect of feeding pregnant and nonlactation dairy cows a supplement containing a high proportion of nonstructural carbohydrates on postpartum production and peripartum blood metabolites. *Anim Feed Sci Technol*; 116: 185–195.
43. Nielsen, M.O., Jakobsen, K. (1994). Changes in mammary uptake of free fatty acids, triglyceride, cholesterol and phospholipid in relation to milk synthesis during lactation in goats. *Comp. Biochem. Physiol.* 109A: 857-867.
44. NRC. National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7a. ed. Washington D.C., National Academy Press. 381 p.
45. Oldham, J.D.; Sutton, J.D. (1983). Composición de la leche y la vaca de alta producción. En: Broster, W.H; Swan, H. *Estrategias de alimentación para vacas lecheras de alta producción*. México, A.G.T. Pp: 85-108.
46. Overton T.R.; Waldron M.R. (2004). Nutritional management of transition dairy cows: Strategies to optimize metabolic health. *J Dairy Sci*; 87: (E. Suppl.): 105-119.
47. Palmquist, D.L. (1996). Utilización de lípidos en dietas de rumiantes. FEDNA. Agricultural Research and Development Center. Ohio. Curso de Especialización N° 12, p: 39-57.
48. Peaker, M. (1977). Mechanism of milk secretion: milk composition in relation to potential difference across the mammary epithelium. *J Physiol*; 270: 489-505.
49. Pérez, L.M. (2011). Producción de Leche. En: *El Libro Blanco de la Leche y los productos lácteos*. México. CANILEC, p: 10-26.
50. Polakova, K., Kudrna, V., Kodes, A., Hucko, B., Mudrik, Z. (2010). Non structural carbohydrates in the nutrition of high- yielding dairy cows during a transition period. *Czech J Anim Sci*; 55: 468-478.

51. Rabelo E., Rezende R.L., Bertics S.J., Grummer R.R. (2003). Effects of transition diets varying in dietary energy density on lactation performance and ruminal parameters of dairy cows. *J Dairy Sci*; 86:916–925.
52. Radostits, O.M.; Gay, C.C.; Blood, D.C.; Hinchcliff, K.W. (2002). Enfermedades Metabólicas. En: Tratado de las enfermedades del Ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino, 9na edición. España (Madrid). Mc Graw Hill INTERAMERICANA de España, S.A.U; 28: 1681-1752.
53. Rearte, D. (1992). Alimentación y composición de leche en los sistemas pastoriles. INTA E.E.A Balcarce. Cerbas. 94p.
54. Repetto J.L., Cajarville, C. (2006). Manejo de la reproducción. 2do Curso a distancia. Módulo 4. Alimentación de la vaca en transición. Florida, Conaprole. Facultad de Veterinaria, 24p.
55. Repetto J.L., Cajarville, C., Curbelo, A., Sapriza, D. (2003). Nutrición de Rumiantes. 1er curso a distancia. Módulo 4. Suplementos. Facultad de Veterinaria. Uruguay. p:55, p:89.
56. Roche, J.R., Kay, J.K., Phyn, C.V.C., Meler, S., Lee, J.M., Burke, C.R. (2010). Dietary structural to nonfiber carbohydrate concentration during the transition period in grazing dairy cows. *J Dairy Sci*; 93:3671-3683.
57. Santos, J.E.P. (2002). Feeding for Milk Composition. Proc. VI Intern. Cong. on Bovine Medicine. Spanish Association of Specialists in Bovine Medicine (ANEMBE). España, p: 163-172.
58. Smith, K.L., Waldron, M.R., Drackley, J.K., Socha, M.T., Overton, R.T. (2005). Performance of dairy cows as affected by prepartum dietary carbohydrate source and supplementation with chromium throughout the transition period. *J Dairy Sci*; 88:255-263.
59. Sutton, J.D. (1989). Altering milk composition by feeding. *J Dairy Sci*; 72: 2801-2814.
60. Van Soest, P.J., Robertson, J. B., Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci*; 74: 3583-3597.
61. Walker, G.P., Dunshea, F.R., Doyle, P.T. (2004). Effects of nutrition and management on the production and composition on milk fat and protein: a review. *Aust J Agric Res*; 55: 1009-1028.
62. Wattiaux, M.A., Armentano, L.E. (2005). Metabolismo de los carbohidratos en las vacas lecheras. Esenciales Lecheras capítulo 3. Universidad de Winsconsin. Madison. Disponible en: <http://www.babcock.wisc.edu/es/node/135> Fecha de consulta: 27/06/2013.

63. Wattiaux, M.A. (2000). Metabolismo de lípidos en las vacas lecheras. Esenciales Lecheras capítulo 4. Universidad de Winsconsin. Madison. Disponible en: <http://www.babcock.wisc.edu/es/node/139> Fecha de consulta: 7/06/2013