

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**  
**FACULTAD DE VETERINARIA**

**Efecto de la fuente de carbohidratos ofrecida en el  
preparto sobre el reinicio de ciclicidad ovárica  
posparto en vacas lecheras de alta producción**

Por:

Martín GIMENEZ  
Patricio LEÓN  
Gonzalo RUIZ

TESIS DE GRADO presentada como uno de  
los requisitos para obtener el título de  
Doctor en Ciencias Veterinarias  
(Orientación Producción Animal)  
MODALIDAD Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**2013**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

TESIS aprobada por:

Presidente de Mesa:

---

Dra. MSc. Carolina Fiol

Segundo Miembro (Tutor):

---

Ing-Agr., MSc. Alejandro Mendoza

Tercer Miembro:

---

Dra. MSc. Daniela Crespi

Fecha:

11 de Diciembre de 2013

Autores:

---

Martín GIMÉNEZ

---

Patricio LEÓN

---

Gonzalo RUIZ

## **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.

Un especial agradecimiento Dr. Robert Wijma por la ayuda otorgada en la realización del trabajo de campo.

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 nuestro trabajo y que el mismo 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

PAGINA DE APROBACIÓN .....	1
AGRADECIMIENTOS .....	2
TABLA DE CONTENIDOS .....	3
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS .....	5
1.RESUMEN .....	7
2.SUMMARY .....	8
3.INTRODUCCIÓN .....	9
4.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
4.1. Período de transición en la vaca lechera .....	11
4.2. Eficiencia reproductiva de los rodeos lecheros .....	11
4.2.1. Anestro pos parto en vacas lecheras .....	12
4.2.2. Fisiología del pos parto y reinicio de la ciclicidad ovárica en vacas lecheras .....	12
4.2.3. Relación entre la nutrición y la reproducción en la vaca lechera .....	13
4.3. Los carbohidratos en la alimentación de rumiantes .....	15
4.3.1. Fuentes de carbohidratos para la alimentación de rumiantes .....	16
4.3.2. Manipulación de la fuente de carbohidratos para mejorar el desempeño reproductivo de los rumiantes .....	17
4.4. Medición de progesterona en leche como herramienta para el manejo reproductivo .....	18
5. HIPÓTESIS .....	20
6. OBJETIVOS .....	21
7. MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
7.1. Localización, diseño experimental y animales.....	22
7.2. Manejo de los animales y tratamientos .....	22
7.3. Mediciones .....	23
7.3.1. Composición química de alimentos .....	23
7.3.2. Peso y condición corporal .....	24
7.3.3. Función ovárica .....	24
7.4. Análisis estadístico .....	24
8. RESULTADOS .....	26
8.1. Evolución del peso y la condición corporal .....	27

8.2. Reinicio de la actividad ovárica pos parto .....	29
8.3. Caracterización de las vacas según el reinicio de actividad luteal pos parto .	31
9. DISCUSIÓN .....	33
10. CONCLUSIONES.....	36
11. BIBLIOGRAFÍA .....	37

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Cuadro I.</b> Composición de las raciones totalmente mezcladas (RTM) experimentales y la RTM usada en el PP. ....	23
<b>Cuadro II.</b> Composición química de concentrados y pastura.....	24
<b>Cuadro III.</b> Promedios de peso vivo y CC para el período experimental según dieta pre parto suministrada. ....	27
<b>Cuadro IV.</b> Efecto de las dietas pre parto, sobre la probabilidad de ovulación de las vacas en el período experimental, y el intervalo parto primera ovulación. ....	30
<b>Cuadro V.</b> Peso (PV) y variación de PV según características del reinicio de la actividad luteal PP de vacas lecheras. ....	31
<b>Cuadro VI.</b> Condición corporal (CC) según características del reinicio de la actividad luteal PP de vacas lecheras. ....	31
<b>Cuadro VII.</b> Consumo de MS (CMS) y energía neta de lactación (CENL) según características del reinicio de la actividad luteal PP de vacas lecheras. ....	32
<b>Cuadro VIII.</b> Producción de leche (PL) según características del reinicio de la actividad luteal PP de vacas lecheras. ....	32

**Figura I.** Evolución del peso vivo para el período experimental según dieta pre parto suministrada. MAIZ: Inclusión de grano de maíz como fuente de carbohidratos no fibrosos en la dieta pre parto. CSOJA: Inclusión de cascara de soja como fuente de carbohidratos fibrosos en la dieta pre parto. Las barras verticales indican el error estándar de la media. .... 28

**Figura II.** Evolución de la condición corporal (CC) para el período experimental según dieta pre parto suministrada. MAIZ: Inclusión de grano de maíz como fuente de carbohidratos no fibrosos en la dieta pre parto. CSOJA: Inclusión de cascara de soja como fuente de carbohidratos fibrosos en la dieta pre parto. Las barras verticales indican el error estándar de la media ..... 29

**Figura III.** Probabilidad de encontrar una vaca en anestro durante los primeros 56 días PP según tratamiento ..... 30

## 1. RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de distintas fuentes de carbohidratos en la dieta preparto sobre el reinicio de actividad luteal ovárica posparto (PP) vacas lecheras. Para ello, se utilizaron 24 vacas multíparas 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 las vacas se manejaron en un mismo lote y fueron alimentadas con pradera mezcla de gramíneas, leguminosas y una RTM estándar. Se midió la evolución del peso y la condición corporal de los animales semanalmente, y se determinó el retorno a la actividad luteal mediante el análisis de muestras de leche recolectadas 3 veces por semana a partir del día 8 PP, a las cuales se le midió los niveles de progesterona. A partir de los resultados obtenidos se permite concluir que la fuente de carbohidratos administrada durante el preparto no tiene un efecto significativo sobre el peso, la condición corporal de los animales, o el retorno a la actividad luteal ovárica PP de vacas lecheras.

## **2. SUMMARY**

The aim of this work was to evaluate the effect of different sources of carbohydrates in the diet of prepartum dairy cows on onset of postpartum ovarian luteal activity. To achieve this, 24 multiparous Holstein cows were assigned to 2 treatments according to a randomized complete block design during the last 3 weeks before expected calving date. In each treatment, cows received a total mixed ration (TMR) which consisted of whole-plant corn silage, soybean meal, urea and mineral salts. One TMR was supplemented with dry ground corn grain (rich in non-fibrous carbohydrates) and the other with soybean hulls (rich in fibrous carbohydrates). Both TMR were formulated to be isoenergetic and isoproteic, and were individually offered until calving. After calving, all cows were managed as a group and were grazed a pasture of grasses and legumes and were supplemented with a standard TMR. Body weight and condition score were measured weekly, and the onset of luteal activity was determined by measuring progesterone in milk samples taken thrice weekly from day 8 after calving. From the results obtained it can be concluded that the source of carbohydrates offered in the prepartum diet has no significant effect on body weight, condition score or the onset of ovarian luteal activity in dairy cows.

### 3. INTRODUCCIÓN

En el cuarto día de la lactancia, la vaca requiere dos veces más aminoácidos, tres veces más glucosa, cuatro veces más calcio y cinco veces más ácidos grasos que al día 250 de la gestación (Overton y Waldron, 2004). Este súbito aumento de los requerimientos para sostener la lactancia ocurre cuando el consumo voluntario se encuentra deprimido, lo que determina que la vaca entre en balance energético negativo, cuya magnitud y duración están asociados con una mayor duración de anestro PP. Asimismo, el reinicio de la actividad reproductiva tiene menos prioridad que el mantenimiento de la lactancia, en términos de utilización de nutrientes (Butler, 2000).

El retraso de la primera ovulación PP, y por tanto del inicio de los ciclos estrales, está asociado a una baja eficiencia reproductiva en todos los sistemas de producción de leche (Cavestany y col., 2001). Esto es debido a que la vaca tiene menor cantidad de ciclos estrales de duración normal antes del comienzo de la estación de servicios, lo que se ha asociado con una menor fertilidad al primer servicio o menor tasa de preñez (Kawashima y col., 2006), que incrementa el intervalo parto - concepción y por lo tanto el intervalo entre partos (Rhodes et al., 2003).

En los sistemas pastoriles, los animales deben hacer frente a esta demanda en un ambiente en el que la búsqueda y cosecha de forraje suponen un costo energético extra, y el consumo de materia seca (MS) (es decir, energía) puede ser limitante para obtener producciones de más de 25 litros por vaca y por día y, simultáneamente, permitir un pronto reinicio de la actividad reproductiva. En efecto, estudios nacionales de eficiencia reproductiva muestran un retraso en el reinicio de la ciclicidad ovárica, en particular en vacas primíparas, asociado principalmente a bajos consumos de MS (Ibarra y Chilibroste, 2003).

Dentro de las múltiples herramientas que existen para manipular el desempeño reproductivo de las vacas lecheras, una es la nutrición, sea a través de incrementar el aporte de nutrientes que recibe el animal, o el tipo de nutrientes que ingresan al organismo. En este sentido, se ha sugerido que en el período de transición el suministro de nutrientes y/o aditivos dietarios que directa o indirectamente aumenten el aporte de glucosa e incrementen la concentración de insulina y/u otras hormonas en sangre (ej. dietas ricas en carbohidratos no fibrosos) tendría un efecto positivo sobre el desarrollo folicular y sobre la duración del anestro PP (Gong y col., 2002). Sin embargo, son escasos los trabajos que han evaluado este tipo de dietas en vacas durante el parto, aunque sería posible que si el ambiente endócrino en que se desarrolla el folículo que va a ovular luego del parto (Britt, 2008) es más adecuado, dicho folículo tendría una mejor capacidad de producir estradiol y eventualmente ovular.

Además, los pocos trabajos que han evaluado el impacto de la fuente de carbohidratos en la dieta parto sobre otras variables, como por ejemplo

productivas, en general han confundido el efecto del aporte de energía con el del tipo de energía aportada (Overton y Waldron, 2004). Por lo tanto, resulta de interés estudiar qué ocurre con la duración del anestro PP de vacas lecheras que son alimentadas durante el parto con dietas que difieren en la fuente de carbohidratos pero que aportan la misma cantidad de energía y proteína.

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Período de transición en la vaca lechera

En el período de transición entre el final de la gestación y el inicio de la lactancia tienen lugar una serie de cambios de considerable importancia, tanto por su naturaleza como por su magnitud, y que no son más que procesos de adaptación del sistema digestivo y el metabolismo a una nueva situación productiva que arranca desde la tercera semana preparto a la tercera semana PP (Grummer, 1995).

La transición del estado preñada no lactante al no preñada lactante es un cambio dramático para la vaca, que debe adaptar su metabolismo durante las primeras semanas PP a las fuertes exigencias que le demanda la producción y el cambio de régimen alimenticio, acorde con su nuevo nivel de requerimientos (Drackley, 1999). Durante las últimas semanas de gestación la disminución (~30%) del consumo previo al parto (Grummer, 1995) promueve el balance energético negativo (BEN). Al inicio de la lactancia, la cantidad de energía requerida para mantener la producción de leche supera la de la ingesta, y la vaca debe movilizar nutrientes de las reservas corporales, y esto es visible en la pérdida de condición corporal (CC) (Chilliard y col., 2000). Del equilibrio con que la vaca resuelva este proceso dependerá la capacidad de maximizar la producción de leche, evitar enfermedades metabólicas y asegurar la siguiente preñez (Grummer, 1995).

Tradicionalmente se ha sostenido que la selección para producción de leche afecta el comportamiento reproductivo de las vacas; sin embargo, Bach (2001) mostró cómo las vaquillonas hijas de las vacas seleccionadas para producción de leche tienen parámetros reproductivos “normales”; sugiriendo que no es la producción de leche la que afecta la reproducción, sino el manejo nutricional antes y después del parto.

### 4.2 Eficiencia reproductiva de los rodeos lecheros

Una buena eficiencia reproductiva busca lograr el mayor número de animales preñados en el menor tiempo posible (Cavestany, 2000). El aumento en la producción de leche debido a la incorporación de nuevas tecnologías en la alimentación de los últimos años, produjo cambios tanto fisiológicos como de manejo en las vacas lecheras; estos cambios han contribuido a una reducción de la fertilidad del rodeo en general (Lucy, 2001), provocando alteraciones en la reproducción dando menores tasas de concepción (García Bouissou, 2008). Para medir la eficiencia reproductiva se han desarrollado diferentes índices: los intervalos parto al primer servicio (IPS) y a concepción (IPC), intervalo entre partos (IEP), número de servicios por concepción (SC), porcentaje de detección de celos (% de C), porcentaje de concepción (% C), y porcentaje de preñez (% P). La duración del anestro PP puede afectar los índices reproductivos mencionados

y por lo tanto estar determinando la eficiencia reproductiva de un tambo (Cavestany, 2000).

#### 4.2.1 Anestro PP en vacas lecheras

El anestro es la falta de expresión de estro y ovulación, siendo el anestro PP en las vacas lecheras un período de transición en el cual el eje hipotálamo-hipófiso-ovárico-uterino se recupera de la preñez previa, un evento fisiológico normal luego del parto que se vuelve anormal cuando excede un promedio de tiempo (en condiciones pastoriles de 45 a 60 días), que va a depender de la edad, raza, factores ambientales, genéticos, entre otros (Peter y col., 2009; Morales y Cavestany, 2012).

Los principales factores que afectan la duración del anestro PP en vacas lecheras son el estado nutricional (evaluado a través de la CC) y su balance energético negativo (BEN). Algunos otros factores como la raza, paridad/edad, número de partos, producción de leche, época de año, presencia de toro, involución uterina, distocias y estado de salud general modulan los efectos provocados por este factor principal. (Lucy, 2001; Roche, 2000)

“El anestro es generalmente caracterizado por una falta de producción de progesterona ovárica; vacas lecheras de alta producción tienen inherentemente baja expresión de signos de estro, en particular durante el período PP temprano. Por lo tanto la ovulación silenciosa (falta de signos evidentes de celo) y los estros no observados (baja eficiencia de la detección de celo) puede tener una gran incidencia en el aumento del anestro, por eso es importante distinguir entre estas dos condiciones (anestro vs error de manejo). Históricamente el anestro se clasificó en tipos fisiológicos y patológicos (clínicos), con los siguientes cuatro tipos que representan los patológicos: ovulación silenciosa, quistes ováricos, hipofunción ovárica y cuerpo lúteo persistente” (Peter y col., 2009).

#### 4.2.2 Fisiología del PP y reinicio de ciclicidad ovárica en vacas lecheras

Durante el puerperio el útero debe involucionar y el eje hipotálamo-hipófisis-ovario debe volver a la ciclicidad, dando lugar a la primera ovulación y ciclos estrales regulares. En las vacas con un puerperio anormal que resulta en involución uterina retardada, la reanudación de la actividad ovárica se ve retardada. En puerperios normales la emergencia de la primera onda folicular fue detectada entre 2 a 7 días después del parto en vacas Holstein primíparas (Savio y col., 1990). En este trabajo la primera ovulación ocurrió en promedio en el día 27 (rango 12 a 58).

La fisiología ovárica está dada por la coordinación fundamentalmente de 4 órganos (cerebro, hipófisis, ovarios y útero) vinculados principalmente a través de hormonas (aunque no exclusivamente). Las principales hormonas involucradas son: la hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH), secretada por el

hipotálamo, la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH) secretadas por la hipófisis; el estradiol, la inhibina y la progesterona, de origen ovárico; y la prostaglandina (PGF $2\alpha$ ), secretada por el útero. Otras hormonas, como la prolactina o los andrógenos, también participan en la regulación del ciclo estral, el cual presenta en la vaca dos fases, una folicular y una luteal. Durante el PP el ciclo se encuentra en la fase folicular, la cual se extiende hasta la ovulación. El crecimiento folicular se realiza en ondas (2-3) las cuales se caracterizan por el crecimiento de un grupo de folículos pequeños (generalmente de 2 a 6) de aproximadamente 2 a 5 mm de diámetro. El inicio de cada onda de crecimiento folicular es precedido por un aumento transitorio de la circulación de la hormona FSH. Los folículos reclutados continúan su crecimiento de aproximadamente 7 a 8 mm de diámetro, en ese tiempo, un folículo se selecciona típicamente (selección) para continuar el crecimiento hacia el tamaño ovulatorio (14-18 mm de diámetro; folículo dominante) (Lucy, 2003).

La falta de ovulación del primer folículo dominante se atribuye a una insuficiente frecuencia de los pulsos de LH, que resulta en una baja producción androgénica en el folículo e inadecuada retroalimentación positiva para producir la oleada de LH. La inadecuada frecuencia de la secreción pulsátil de LH en el PP temprano (10 a 20 días) se debe principalmente a la depleción de las reservas de LH de la hipófisis anterior durante la gestación, y a que los pulsos de GnRH están también ausentes durante este período (Yavas y Walton, 2000).

#### 4.2.3 Relación entre la nutrición y la reproducción en la vaca lechera

En las vacas el reparto de los nutrientes para las distintas funciones fisiológicas presenta distintas prioridades. Las funciones de mantenimiento o lactación tienen prioridad sobre las funciones reproductivas. Por lo tanto pequeños desajustes nutricionales producirán consecuencias en la reproducción antes que en la producción de leche, además todos los elementos nutricionales influyen directamente de algún modo sobre la reproducción.

Como ya fue mencionado, luego del parto la vaca sufre una rápida demanda energética con el fin de cumplir con las altas producciones de leche, esto lleva a que la vaca entre en un balance de energía negativo por 3 a 4 semanas PP (nadir a las 2 semanas), el cual depende no solo de la producción de leche sino principalmente del consumo de MS (MS) durante el período preparto inmediato (Roche, 2000). Hay que señalar que este BEN ya comienza al final de la gestación, cuando los requerimientos del feto aumentan de forma marcada, y el consumo de MS disminuye asociado a la cercanía del parto.

El BEN causa diferentes trastornos en el metabolismo: mayor producción de GH, disminución de la CC, menores concentraciones sanguíneas de insulina y glucosa, mayores concentraciones de ácidos grasos no esterificados (NEFA) y beta hidroxibutirato. Respecto a los eventos reproductivos causa una disminución de la pulsatilidad de la LH, del diámetro del folículo dominante (que resulta en una

baja producción de estradiol), disminución de la concentración de IGF-1 sistémica y posiblemente también en su disponibilidad en el ovario; en conjunto, todos estos efectos determinan un alargamiento del intervalo parto a primera ovulación (Roche, 2000).

Los resultados nacionales concuerdan con los datos internacionales, pero sugieren que en condiciones de pastoreo, la magnitud del BEN podría ser más acentuada que en condiciones de confinamiento, reflejando que las vacas se adaptan con más dificultad a los grandes cambios que ocurren entre el fin de la gestación y el inicio de la lactancia. Por ejemplo, Meikle y col. (2013) señalan que vacas con mejor CC al parto presentaron concentraciones más altas de IGF-1 en el pos parto, asociado a un reinicio de actividad ovárica más corto. Asimismo también concluyeron que existen diferencias explicadas por la paridad, siendo más lento el reinicio de ciclicidad en vacas primíparas. Otro dato interesante a resaltar es que vacas multíparas con pobre CC al parto tuvieron mejor performance reproductiva que vacas primíparas con una buena CC al parto, pudiendo deberse a la respuesta de estas a señales endócrinas, al BEN o a altos requerimientos en lactación acompañados de la continuación del desarrollo de esta categoría. En términos generales, la menor capacidad de satisfacer los requerimientos de una vaca de alta producción a pastoreo respecto a confinamiento, más los costos de energía extra asociados a la caminata y la búsqueda y cosecha de forraje, lleva a que en los sistemas pastoriles las vacas en transición se encuentren en un BEN más pronunciado, particularmente en el caso de las vacas primíparas, lo que resulta en anestros más prolongados que en situaciones de confinamiento (Meikle y col., 2013).

La magnitud del BEN determina el futuro productivo-reproductivo del rodeo lechero en el período de transición. La inclusión de dietas preparto a base de CNF serán más propicias para las adaptaciones digestivo-metabólicas en el PP temprano del animal. Lo que se vería reflejado en una menor pérdida de peso vivo y CC debido a la similitud entre las dietas preparto, altas en CNF y dietas PP también altas en almidón, logrando así un mayor consumo en el PP temprano, atenuando la magnitud de pérdida de peso y CC (Cavestany., 2009).

La medición del balance energético a nivel de campo es prácticamente imposible, pues requiere determinar el peso del animal, su evolución en el tiempo, la ingestión diaria, y la cantidad y la composición de la leche producida diariamente. Por ello se usa comúnmente la CC, que es una herramienta sencilla, rápida y económica, basada en la observación o palpación de diferentes partes de la anatomía del animal que tiene como objetivo cuantificar el estado de engrasamiento. La técnica más utilizada en el ganado vacuno lechero es la de Edmonson y col. (1989), basada en la observación del animal sin necesidad de recurrir a la palpación.

Por ejemplo, Butler y Smith (1989) determinaron que cuando la pérdida de CC en el período pos parto era severa (pérdida de más de 1 punto de condición),

aumentaban los días a la primera ovulación, los días al primer estro, el número de servicio por concepción y por lo tanto los días abiertos. Sin embargo, pérdidas moderadas (inferiores a 1 punto de condición) no parecen afectar significativamente los parámetros reproductivos. Britt (2008) indicó que no es la condición corporal de un momento puntual, sino la magnitud de su pérdida lo que afecta a la función reproductiva, y en consecuencia se recomienda que el animal no pierda más de un punto de condición en el pos parto.

En esta etapa de transición entre el fin de la gestación y el inicio de la lactancia, la vaca moviliza y utiliza sus reservas corporales de grasa para la producción de leche disminuyendo progresivamente su CC y conduciendo a un retraso en el reinicio de la actividad ovárica PP, como ya fue indicado. Para intentar ayudar a solucionar estos inconvenientes se pueden tomar medidas de manejo como: el acceso *ad libitum* a comida durante todo el día que aumenta la ingesta de MS por los animales, la distribución equitativa en el día de los alimentos, colocación de sombras para el verano (en comederos, bebederos, lugares de descanso), suficiente espacio para el acceso al alimento, agua, entre otras medidas, asociadas a proveer un mayor confort al animal, todas ellas colaboran a mantener elevados niveles de ingesta de las vacas en este período (Bach, 2001). Otras estrategias nutricionales que se podrían utilizar hacen referencia a modificar no la cantidad del alimento ofrecido, sino la composición del mismo; dentro de estas estrategias se pueden identificar las que tratan de modificar la fuente de carbohidratos para mejorar el desempeño productivo de las vacas, que se discutirá en la sección siguiente.

#### 4.3 Los carbohidratos en la alimentación de rumiantes

Los carbohidratos son macromoléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno y cuyas principales funciones en los seres vivos son de reserva energética y estructural. La glucosa, el glucógeno y la celulosa son las formas biológicas primarias de almacenamiento y consumo de energía; la celulosa también cumple con una función estructural al formar parte de la pared celular y de las células vegetales (McDonald y col., 2006).

Los hidratos de carbono son la principal fuente de energía en las dietas que alimentan al ganado lechero y por lo general comprenden del 60 al 70% de la dieta total. La función principal de los carbohidratos es proporcionar energía para los microorganismos del rumen y por ende al animal que los hospeda. Una función secundaria pero esencial de algunos tipos de carbohidratos es mantener la salud del tracto gastrointestinal (NRC, 2001).

Los carbohidratos de las plantas se dividen en dos grupos: estructurales y no estructurales. Los primeros forman parte de la pared celular y entre estos se encuentran la celulosa, la hemicelulosa y la pectina. Estos, son causantes de la fibrosidad del alimento, no están disponibles para el metabolismo energético de la planta, son insolubles en agua y poseen una fermentabilidad potencial lenta y

limitada. La pectina constituye una excepción ya que es completamente fermentable en el rumen. Los no estructurales se almacenan en órganos vegetativos como raíces, rizomas, estolones, coronas y parte inferior del tallo. Los principales carbohidratos no estructurales en los tejidos de especies forrajeras son monosacáridos como glucosa y fructosa, disacáridos como sucrosa y maltosa y polisacáridos como almidones y fructosanos. Sin embargo para la determinación de reservas es más relevante analizar los carbohidratos no estructurales en conjunto que las fracciones individuales, puesto que tienen funciones similares y la cantidad de carbohidratos no estructurales es una estimación de la energía rápidamente disponible para el metabolismo. Los carbohidratos no estructurales poseen un potencial de fermentación rápida y total en el rumen, tal es el caso del almidón, una de las fuentes de energía evaluadas en este trabajo (NRC, 2001).

Los carbohidratos también se pueden clasificar según sus características nutricionales, en fibrosos (CF) y no fibrosos (CNF). 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).

Las concentraciones de carbohidratos no estructurales y CF no son iguales en muchos alimentos, y difieren mucho en algunos casos, por lo que los términos no deberían ser tomados como sinónimos. Dichas diferencias podrían estar explicadas por la contribución de ácidos orgánicos y pectina. Como se describió anteriormente, esta última, se clasifica como un carbohidrato estructural ya que forma parte de la pared celular, pero teniendo como característica distintiva ser totalmente fermentada en rumen, compartiendo dicha peculiaridad con los carbohidratos definidos como estructurales (NRC, 2001).

#### 4.3.1 Fuentes de carbohidratos para la alimentación de rumiantes

Los granos de cereales, poseen un alto valor energético y una buena palatabilidad. Son elegidos para cubrir altas demandas energéticas en el inicio de lactación de vacas lecheras. Tienen la particularidad de tener un alto aporte de almidón con baja proporción de fibra. Poseen la característica de que el almidón varía considerablemente de un grano a otro y esta variación puede acentuarse dependiendo el procesamiento del mismo. Con lo anteriormente mencionado este grupo de alimentos no puede considerarse homogéneo para la alimentación de rumiantes (De Blas y col, 1995).

En general, la digestión del almidón de los granos de cereales en la mayoría de las raciones prácticas de rumiantes es prácticamente completa, aunque existen diferencias según el tipo de cereal, en cuanto a la proporción de almidón soluble

(hidrolizado muy rápidamente), la fermentada en el rumen, y la digerida en tramos posteriores del aparato digestivo. Por ejemplo, un factor de gran importancia que parece explicar las diferencias de digestión entre los diferentes granos de cereales es la matriz proteica que envuelve los gránulos de almidón. La velocidad de degradación ruminal de la proteína de la matriz determina la velocidad de hidrólisis del almidón, ya que la superficie de almidón en contacto con las amilasas aumenta a medida que aquélla es degradada. La naturaleza vítrea del maíz está relacionada con su contenido en proteína y la continuidad de la matriz proteica. Así, el maíz, tiene una menor proporción de proteínas solubles (albúminas y globulinas) y una mayor proporción de proteínas de reserva (prolaminas y glutelinas), y estas últimas se caracterizan por una menor solubilidad y una velocidad de hidrólisis más lenta. Existen procesos, para aumentar la digestión del almidón; tal es el caso de la molienda que al romper las células del endospermo, facilita la colonización y digestión microbiana y, por tanto, la degradación del almidón en el rumen (McDonald y col., 2006).

Dentro de las fuentes de energía a partir de CF se encuentra la cascarilla de soja, que es un alimento con un alto contenido de fibra (60% de fibra detergente neutro) la cual resulta ser en su mayor parte digestible (mayor a 80%), lo que determina que no pueda ser utilizada sola, por su bajo aporte de fibra efectiva siendo necesario suministrar otra fuente de fibra efectiva. Posee niveles muy bajos de almidón y su concentración energética varía entre 2,5 a 2,9 Mcal EM/kg MS, con un nivel de proteína muy variable (entre 12 y 20% de proteína bruta). Posee bajo contenido de grasas, por lo que puede ser conservado durante períodos considerables (Repetto y col., 2003). La cascarilla es un alimento de características muy particulares, constituido por celulosa, hemicelulosa y pectinas con muy bajo nivel de lignificación, lo que permite una rápida degradación en el rumen, suministrando al animal niveles de energía similares a los granos de maíz y sorgo, aunque se trate de energías diferentes (almidón o fibra) (Ipharraguerre y Clark, 2003).

#### 4.3.2 Manipulación de la fuente de carbohidratos para mejorar el desempeño reproductivo de los rumiantes

Algunos autores han sugerido que suministrar dietas que favorezcan el aporte de glucosa, sea por aportar sustratos que luego son usados en la neoglucogénesis, o por aportar almidón que, una vez digerido en intestino permite la absorción de glucosa, tiene efectos positivos sobre la reproducción de rumiantes (Van Knegsel y col., 2005). Un aumento de la glucosa tendría un efecto positivo sobre el desarrollo folicular, ya que ha sido señalada como una importante fuente de energía para el ovario y como un estímulo del crecimiento y desarrollo folicular en el ovario (Rabiee y col., 1999), y este sería un posible mecanismo para explicar algunos efectos positivos observados en el PP (Van Knegsel y col., 2005)

Por otra parte, un aumento en la concentración de glucosa en sangre lleva a una mayor secreción de insulina para mantener la homeostasis de este metabolito. Se

ha reportado que un aumento en la concentración de insulina sanguínea previo a la primera ovulación PP mejoraría el desarrollo folicular y reduciría el intervalo parto a primera ovulación (Gong y col., 2002; Garnsworthy y col., 2009). Esto sería debido en parte a que la insulina, además de mantener la glicemia, estimula la actividad de la enzima aromatasas, responsable de la producción de estradiol a partir de andrógenos, y la producción de IGF-I hepática (Butler et al., 2003). Esta última hormona estimula la mitosis de las células de la teca y granulosa del folículo ovárico in vitro, la síntesis de andrógenos y estradiol, y modula la acción de las gonadotrofinas sobre las células de la teca y granulosa (Glister et al., 2001).

Cavestany y col. (2009a) reportaron que la suplementación preparto con grano de maíz en contrapartida con una dieta sin suplemento, redujo la longitud del anestro PP en vacas lecheras adultas, pero en un trabajo posterior (Cavestany et al., 2009b) los mismos autores no detectaron diferencias al usar afrechillo de trigo como suplemento. Estos resultados pueden estar en parte explicados por un consumo diferencial de energía, o bien por un efecto positivo de las dietas suplementadas sobre la concentración de insulina sanguínea. Ello se debe a que el grano de maíz tiene más almidón que el afrechillo de trigo, y en rumen generaría una fermentación con mayor producción de ácido propiónico, que es un precursor de la glucosa a nivel hepático.

Si este tipo de alimentos aumenta la concentración de glucosa e insulina plasmática, podría esperarse que el ambiente endócrino en el que se va a desarrollar el folículo que va a ovular en la primera onda PP fuera más adecuado, y que dicho folículo tuviera un mejor crecimiento, con más chances de ovular luego del parto, en lugar de atresarse (Burke y col., 2010). Cabe recordar que según Britt (2008), en el preparto el folículo pasa de estado pre-antral a pre-ovulatorio.

Sin embargo, solo se encontró un experimento que hubiera evaluado el impacto de la fuente de carbohidratos preparto sobre las características del desempeño reproductivo de vacas lecheras a pastoreo durante el PP. Burke y col (2010) alimentaron a vacas lecheras durante 36 días antes de la fecha esperada del parto con pasturas y ensilaje de pasturas, y a unas las suplementaron con grano de maíz y cebada, mientras que otras no. Luego del parto todas las vacas se manejaron de idéntica forma. Los autores no reportaron efectos de las diferentes dietas manejadas en el preparto sobre la longitud del anestro PP, evaluada con progesterona en leche.

#### 4.4 Medición de progesterona en leche como herramienta para el manejo reproductivo

La progesterona (P4) es una hormona esteroidea de bajo peso molecular (500 Dalton) sintetizada en el ovario, en el cuerpo lúteo. Dicha hormona deriva de una molécula de colesterol que es extraída de la sangre (lipoproteínas), la cual se

transforma en pregnenolona por la acción de la LH en las células de la teca interna, por último se convierte en P4. Esta hormona, también llamada hormona de la preñez, prepara al endometrio para la implantación del embrión y el mantenimiento de la preñez incrementando el número y la secreción de las glándulas secretorias endometriales e inhibiendo la motilidad del miometrio; actúa de forma sinérgica con los estrógenos para inducir el estro (es necesario una exposición previa de progesterona para un buen comportamiento de celo) y provoca el desarrollo del tejido secretorio (alvéolos) de las glándulas mamarias (Karg, 1981).

A nivel mundial en los últimos años han sido utilizados ensayos de P4 en leche como una ayuda para la minimización de los problemas de la detección de celo y como ayuda diagnóstica de preñez temprana. La P4 producida por el cuerpo lúteo es secretada a la sangre y posteriormente filtrada por la glándula mamaria y excretada en la leche, donde se encuentra en mayor concentración por lo tanto es preciso el diagnóstico de esta hormona en leche, lo que permite monitorear el ciclo reproductivo del animal y controlar su actividad ovárica (Rhodes y col., 2003).

Generalmente las concentraciones hormonales circulantes reflejan la velocidad de síntesis de las mismas por parte de las glándulas endócrinas ya que los factores que gobiernan su eliminación son relativamente constantes. La medida de P4 en leche describe en forma precisa las concentraciones plasmáticas de P4, y el muestreo es no invasivo y si es bien manejado en rodeos lecheros no genera estrés adicional. Además, puede ser realizado por los tamberos. Las concentraciones de P4 en leche entera son mayores que en leche descremada. Como la P4 es lipofílica, alrededor del 80 % está en la porción grasa de la leche. Otros estudios también afirman que las concentraciones de P4 pueden llegar a ser hasta 4 veces mayor en la leche que en el plasma, tomándose muestras en los ordeños lo que simplifica la practicidad de la toma de muestras, no produciendo ningún estrés sobre el animal a testear (Ginther y col, 1976).

## **5. HIPÓTESIS**

La fuente de carbohidratos usada en la dieta de vacas lecheras durante el parto provocará cambios en la variación de peso, condición corporal, y sobre el reinicio de la actividad luteal PP.

## **6. OBJETIVOS**

Evaluar el efecto de la fuente de carbohidratos ofrecida en la dieta preparto sobre la variación de peso vivo y condición corporal, y sobre el intervalo entre el parto y el reinicio de la actividad luteal PP de vacas lecheras.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1 Localización, diseño experimental y animales:

El experimento se realizó en la Unidad de lechería del INIA “La Estanzuela” (Ruta 50, km 11). Se seleccionaron 24 vacas multíparas Holstein de parición de otoño del rodeo de la Unidad, que fueron bloqueadas por producción en la lactancia previa ( $6736 \pm 866$  kg), peso ( $566 \pm 61$  kg) y condición corporal ( $3,4 \pm 0,3$ , escala de 1 a 5 puntos).

Es importante comentar que durante el ensayo experimental hubo que descartar un animal debido a problemas en el parto.

### 7.2 Manejo de los animales y tratamientos:

Dentro de cada bloque las vacas fueron asignadas al azar a uno de los siguientes tratamientos, que fueron aplicados durante las últimas tres semanas antes del parto previsto:

- Tratamiento MAIZ: inclusión de un suplemento rico en carbohidratos no fibrosos (CNF) en la dieta preparto.
- Tratamiento CSOJA: inclusión de un suplemento rico en carbohidratos fibrosos (CF) en la dieta preparto.

Para la formulación de las dietas se usó las normas del NRC (2001), de forma de cubrir los requerimientos de una vaca Holstein de 600 kg al día 260 de gestación. La dieta base para los dos tratamientos fue ensilaje de maíz suplementado con harina de soja y urea. En el tratamiento MAIZ se utilizó grano de maíz como fuente de CNF, y en el tratamiento CSOJA se usó cáscara de soja como fuente de CF. Las dietas se formularon de forma que la oferta de energía y proteína sea similar, y se ofreció como una ración totalmente mezclada (RTM). Se corrigió el aporte de minerales y vitaminas con suplementos específicos (Cuadros I y II).

Durante el preparto los animales fueron manejados por separado según el tratamiento, ofreciéndose 9 kg/MS para el tratamiento CSOJA y 8,27 kg/MS para el tratamiento de MAIZ. El alimento se suministró diariamente a las 08:00 hs en comederos individuales, teniendo únicamente acceso a este. Es importante resaltar que los animales consumían todo el alimento ofrecido en esta etapa. Luego del parto los animales fueron manejados como único lote hasta el día 56 PP, con una dieta constituida por: pastoreo directo de pradera mezcla de gramíneas y leguminosas (oferta diaria equivalente a 25 kg MS/vaca), y una RTM constituida por ensilaje de maíz y concentrado comercial (con una oferta diaria equivalente a 15 kg de MS/vaca), y 4 kg/vaca/día de concentrado comercial ofrecidos en los 2 ordeños, que permitiera alcanzar una producción en el entorno de 30 L en el pico de la lactancia. Los animales eran ordeñados 2 veces por día (06:00 y 17:00 h). Luego del ordeño AM los animales eran conducidos a corrales

donde permanecían hasta el ordeño PM donde se les ofreció la RTM. Luego del ordeño PM los animales eran conducidos a la pastura donde pastoreaban hasta el ordeño AM. En todo momento tanto durante el pre- como PP, los animales tenían acceso al agua a voluntad.

### 7.3 Mediciones

#### 7.3.1. Composición química de alimentos

Semanalmente se tomaron muestras de las RTM usadas en el preparto, del grano de maíz, de la cáscara de soja y del silo de maíz. En el PP 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: MS, 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).

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

	RTM TMAIZ	RTM TCSOJA	RTM PP
<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
Pre mezcla 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: MS, MO: Materia orgánica, PC: Proteína cruda, FND: Fibra neutro detergente, FAD: Fibra ácido detergente, CNF: Carbohidratos no fibrosos

**Cuadro II.** Composición química de concentrados, pastura y silo de maíz

	Grano de maíz seco	Cáscara de soja	Concentrado comercial	Pastura PP	Silo de maíz
MS, %	87,6	87,2	86,6	22,6	25,6
MO, % de MS	98,8	94,5	93,7	91,1	92,1
PC, % de MS	9,9	11,1	19,0	20,0	9,5
FND, % de MS	15,4	64,8	32,1	41,3	44,7
FAD, % de MS	2,9	44,8	10,9	23,1	29,7
CNF, % de MS	69,3	16,0	27,1	40,6	37,7

MS: MS, MO: Materia orgánica, PC: Proteína cruda, FND: Fibra neutro detergente, FAD: Fibra ácido detergente, CNF: Carbohidratos no fibrosos

### 7.3.2 Peso y condición corporal

Cada semana, las vacas fueron pesadas durante la mañana, previo a la RTM con una balanza digital, y el mismo operador determinó la condición corporal (CC) según la escala de cinco puntos propuesta por Edmonson y col. (1989).

### 7.3.3 Función ovárica

A partir de la semana 1 PP, se tomaron muestras individuales de leche tres veces por semana hasta el final del experimento, en tubos con azida de sodio como conservante, y luego de ser centrifugada, la fracción libre de grasa fue almacenada a -20°C hasta determinar la concentración de progesterona por radioinmunoanálisis en fase sólida. El coeficiente intra-ensayo para el control bajo y alto fue 5,7 y 6,4%, respectivamente, y el coeficiente inter-ensayo para el control bajo y alto fue 6,8 y 6,5%, respectivamente. El momento de la primera ovulación PP se determinó como el primer día de dos mediciones consecutivas con una concentración de progesterona en leche mayor a 3 ng/ml.

### 7.4 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se usó el software del SAS (versión 9.1). Las variables continuas con una sola medición durante el período experimental se analizaron con un modelo lineal general que incluyó el efecto fijo del tratamiento y el efecto aleatorio del bloque, mientras que las variables con más de una medición durante el período experimental se analizaron con un modelo lineal mixto, que además de los efectos anteriores incluyó el efecto fijo de la semana y la interacción tratamiento por semana; se usó una estructura de varianzas autoregresiva de tipo 1. La probabilidad de encontrar una vaca en anestro durante el PP temprano fue

analizada con un modelo lineal generalizado, que incluyó el efecto del tratamiento y bloque, considerando una distribución binomial. Las medias se compararon con el test de Tukey, considerando un nivel de significancia con  $P < 0,05$ , y de tendencia con  $P < 0,10$ .

## 8. RESULTADOS

Las dietas suministradas durante el parto aportaron la misma cantidad de ENL ( $14,1 \pm 0,26$  Mcal/día). Lo mismo ocurrió con la proteína cruda, 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). El consumo de MS para las dietas parto fue de  $9$  kg/MS en el tratamiento de CSOJA y  $8,27$  kg/MS en el tratamiento de MAÍZ por vaca/día. Por otra parte, durante la semana 1 y 2 PP 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. Los datos de insulina, glucosa, consumo de MS, beta hidroxí butirato, ácidos grasos no esterificados son realizados por otra tesis del mismo ensayo experimental. Efecto de la fuente de los carbohidratos ofrecida en el parto sobre el consumo de nutrientes y la concentración plasmática de glucosa y urea en vacas lecheras (Bertora y col., 2013, sin publicar).

## 8.1 Evolución del peso y la condición corporal

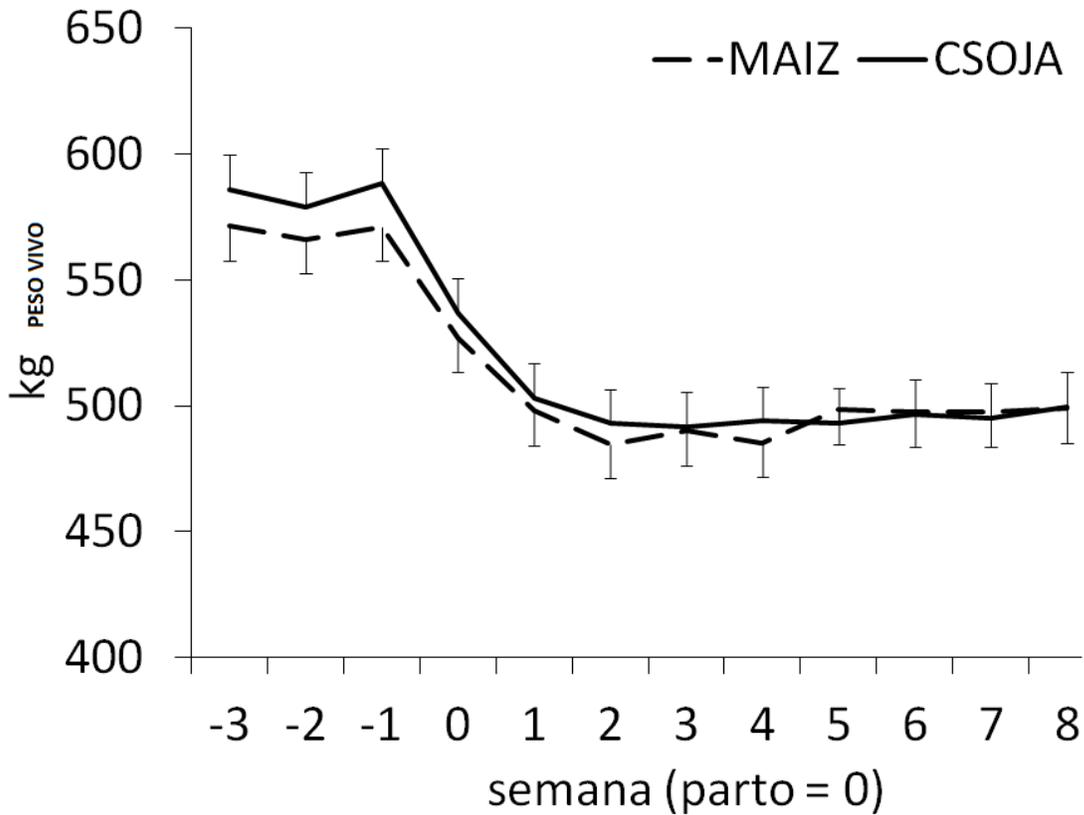
El peso vivo y la CC de los animales, tanto pre- como PP, no fueron afectados por la dieta preparto, ni tampoco se detectó interacción entre la dieta preparto y la semana de medición ( $P > 0,05$ ; Cuadro I). En ambos períodos y para ambas variables se detectó un efecto significativo de la semana de medición ( $P < 0,05$ ; Cuadro III).

**Cuadro III.** Promedios de peso vivo y CC para el periodo experimental según dieta pre parto suministrada.

	TRATAMIENTO			EFECTO		
	MAIZ	CSOJA	EEM	Trat	Semana	Trat x semana
<b>Preparto</b>						
Peso, kg	561,2	561,6	5,0	NS	< 0,0001	NS
CC, puntos	3,42	3,33	0,04	NS	< 0,0001	NS
<b>PP</b>						
Peso, kg	493,9	495,8	12,2	NS	0,0272	NS
CC, puntos	3,04	3,01	0,06	NS	0,0068	NS

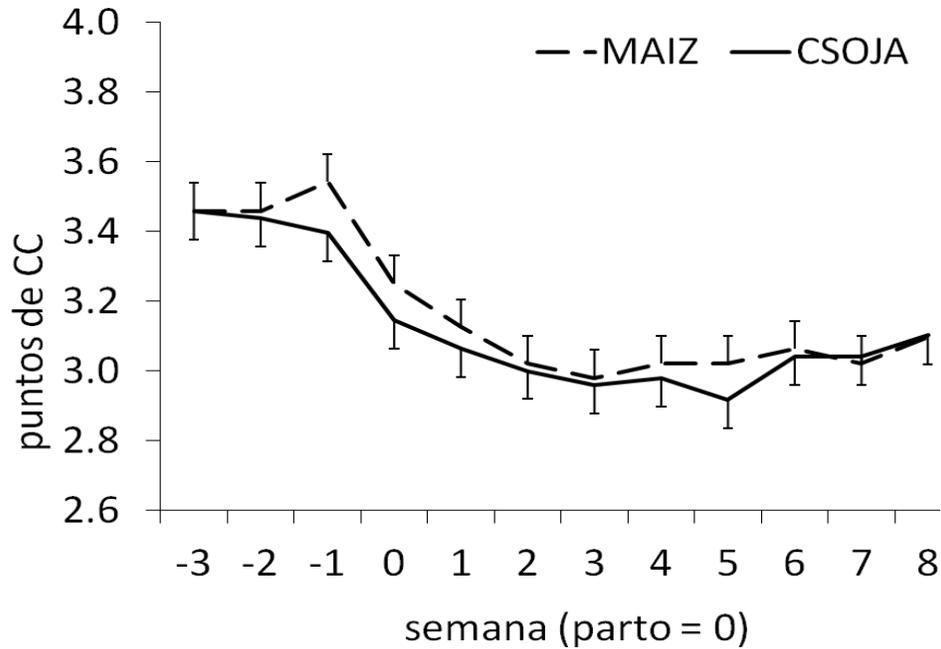
MAIZ: Inclusión de grano de maíz como fuente de carbohidratos no fibrosos en la dieta pre parto. CSOJA: Inclusión de cascara de soja como fuente de carbohidratos fibrosos en la dieta pre parto. EEM: error estándar de la media. Trat.: efecto de la dieta pre parto sobre el peso vivo. Semana: efecto de la semana respecto al parto sobre el peso vivo. Trat. por semana: interacción entre el tratamiento y la semana.

El peso vivo de los animales y su evolución durante el período experimental se muestran en la figura I. Dicha variable presentó una caída desde la última semana pre parto hasta la segunda semana pos parto, donde comenzó a estabilizarse alrededor de los 500 kg de peso vivo hasta el final del período experimental. Este comportamiento del parámetro peso vivo fue similar para los dos grupos de vacas con dietas pre parto diferenciales, como se observa en la forma de las curvas.



**Figura I.** Evolución del peso vivo para el periodo experimental según dieta pre parto suministrada. MAIZ: Inclusión de grano de maíz como fuente de carbohidratos no fibrosos en la dieta pre parto. CSOJA: Inclusión de cascara de soja como fuente de carbohidratos fibrosos en la dieta pre parto. Las barras verticales indican el error estándar de la media.

En cuanto a la evolución de la CC de los animales, presentó una caída desde la última semana pre parto hasta la segunda semana pos parto, donde comenzó a estabilizarse en valores de alrededor de 3, para continuar así hasta el final del período experimental. Este comportamiento de la CC fue similar para los dos grupos de vacas con dietas pre parto diferenciales, como se observa en la forma de las curvas (figura II).



**Figura II.** Evolución de la condición corporal (CC) para el periodo experimental según dieta pre parto suministrada. MAIZ: Inclusión de grano de maíz como fuente de carbohidratos no fibrosos en la dieta pre parto. CSOJA: Inclusión de cascara de soja como fuente de carbohidratos fibrosos en la dieta pre parto. Las barras verticales indican el error estándar de la media.

## 8.2 Reinicio de actividad ovárica pos parto.

Como se observa en el cuadro IV, no hubo efecto del tratamiento sobre el tiempo transcurrido desde el parto a la primera ovulación de las vacas, que ovularon durante el período experimental (9 de 12 y 7 de 11 vacas para los tratamientos MAIZ y CSOJA, respectivamente) ni en la probabilidad de que una vaca ovulara dentro del período experimental.

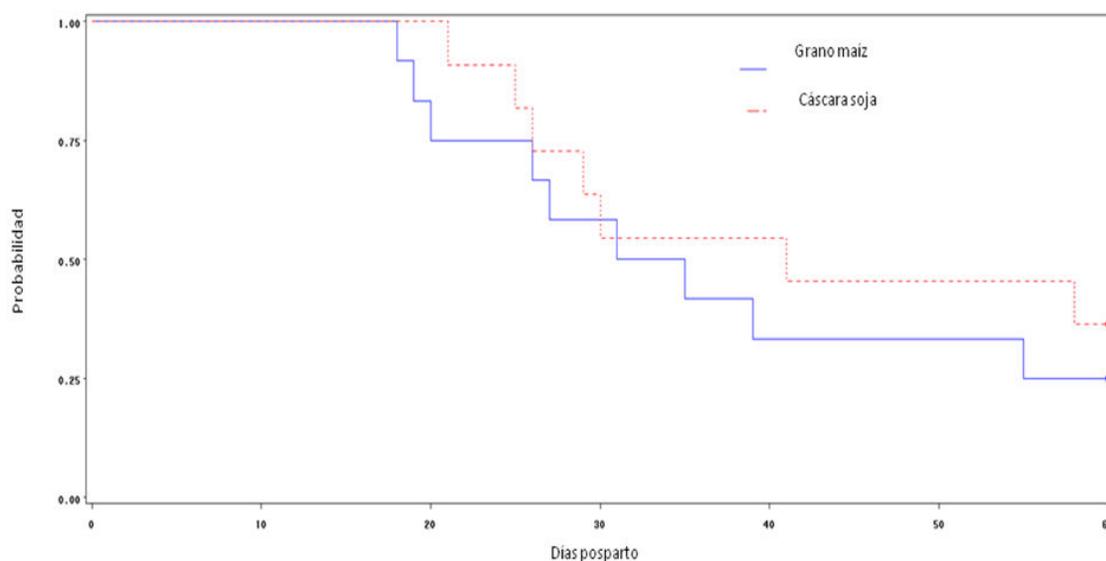
**Cuadro IV.** Efecto de las dietas pre parto, sobre la probabilidad de ovulación de las vacas en el período experimental, y el intervalo parto primera ovulación.

	TRATAMIENTO		EEM	P > F
	MAIZ	CSOJA		
Probabilidad de que una vaca ovule durante el experimento.	0,75	0,64	0,15	NS
Intervalo Parto-1ª ovulación, días*	30,0	32,9	4	NS

MAIZ: Inclusión de grano de maíz como fuente de carbohidratos no fibrosos en la dieta pre parto. CSOJA: Inclusión de cascara de soja como fuente de carbohidratos fibrosos en la dieta pre parto. EEM: error estándar de la media.

\*Se toman en cuenta solo las vacas que ovularon dentro de los 60 días pos parto.

Tampoco se encontró efecto del tratamiento sobre la dinámica de salida de vacas del anestro durante el PP temprano, según se observa en la figura III.



**Figura III.** Probabilidad de encontrar una vaca en anestro durante los primeros 56 días PP según tratamiento. MAIZ: Inclusión de grano de maíz como fuente de carbohidratos no fibrosos en la dieta pre parto. CSOJA: Inclusión de cascara de soja como fuente de carbohidratos fibrosos en la dieta pre parto.

### 8.3 Caracterización de las vacas según el reinicio de la actividad luteal PP.

Se hizo una descripción de las vacas de acuerdo a dos categorías, independientes de los tratamientos aplicados: 1) vacas que ovularon antes del día 30 PP, y 2) vacas que ovularon después del día 30 PP o no ovularon.

Como se observa en los respectivos cuadros de caracterización de las vacas según el reinicio de la actividad luteal pos parto (Cuadros V a VIII), no se detectaron diferencias entre ambos grupos para las variables seleccionadas, a excepción de la variable peso vivo entre el parto y día 21 PP, en la que se observó que las vacas que reiniciaron su actividad luteal antes del día 30 PP tuvieron una menor pérdida de peso durante este período respecto a los animales que ovularon por primera vez luego de este momento o que no lo hicieron durante el período evaluado.

**Cuadro V.** Peso (PV) y variación de PV según características del reinicio de la actividad luteal PP de vacas lecheras.

	Ovulación antes del día 30 PP (n=11)	Ovulación después del día 30 PP o NO ovulación (n=12)	EEM	P > F
PV parto, kg	515,1	546,7	15,7	NS
PV día 21 PP, kg	489,2	496,8	10,4	NS
Variación PV parto - 21 días PP, kg	25,9 a	49,8 b	7,9	0,0446

EEM: error estándar de la media. P>F: efecto del grupo. Diferentes letras (a-b) en una misma fila indica diferencias significativas (P<0,05).

**Cuadro VI.** Condición corporal (CC) según características del reinicio de la actividad luteal PP de vacas lecheras.

	Ovulación antes del día 30 PP (n=11)	Ovulación después del día 30 PP o NO ovulación (n=12)	EEM	P > F
CC al día 14 pre parto	3,43	3,42	0,08	NS
CC al parto	3,20	3,17	0,08	NS
CC al día 21 pos parto	2,98	2,94	0,06	NS
Variación CC en los 21 días pos parto	0,23	0,25	0,06	NS

EEM: error estándar de la media. P>F: efecto del grupo.

**Cuadro VII.** Consumo de MS (CMS) y energía neta de lactación (CENL) según características del reinicio de la actividad luteal PP de vacas lecheras.

	Ovulación antes del día 30 PP (n=11)	Ovulación después del día 30 PP o NO ovulación (n=12)	EEM	P > F
CMS 1ª semana PP, kg /día	15,81	15,51	0,72	NS
CMS 2ª semana PP, kg MS/día	18,28	17,76	0,65	NS
CENL 1ª semana PP, Mcal/día	26,7	25,4	1,1	NS
CENL 2ª semana PP, Mcal/día	30,8	29,6	1,0	NS

EEM: error estándar de la media. P>F: efecto del grupo.

**Cuadro VIII.** Producción de leche (PL) según características del reinicio de la actividad luteal PP de vacas lecheras.

	Ovulación antes del día 30 PP (n=11)	Ovulación después del día 30 PP o NO ovulación (n=12)	EEM	P > F
PL 1ª semana pos parto, kg/día	22,0	21,1	1,1	NS
PL 2ª semana PP, kg/día	28,1	26,7	1,2	NS
Variación PL semana 1 - 3 PP, kg	9,1	8,3	0,8	NS

EEM: error estándar de la media. P>F: efecto del grupo.

## 9. DISCUSIÓN

La hipótesis de que la suplementación en el parto con diferentes fuentes de carbohidratos, una a base de CF y otra a base de CNF, tendrían repercusiones diferentes sobre el reinicio de la actividad luteal PP no pudo ser confirmada.

El peso vivo y la CC de los animales no fueron influenciados por las distintas dietas parto. Si se considera que tanto el peso como la CC pueden reflejar el estado energético de una vaca en transición, entonces la falta de efecto de las dietas sobre estas variables durante el parto sugieren que los animales de distintos tratamientos se encontraban en un balance de energía similar. En un trabajo de Cavestany y col. (2009a) en el que las dietas parto se diferenciaban en términos de cantidad de energía suministrada a la vacas en el parto, se encontraron diferencias significativas en la CC de los animales en el período experimental, por lo que podríamos afirmar que para esta variable, es más influyente la cantidad de energía en la alimentación pre parto, que la fuente de carbohidratos proporcionada. Del mismo modo, las dietas parto no afectaron ni el consumo de energía neta para lactación ni la producción de leche en el PP (Malvasio y col., 2013), sugiriendo que el balance de energía habría sido similar para ambos tratamientos.

Ambos grupos presentaron una pérdida de peso y CC desde una semana antes del parto, hasta el correr de la segunda semana, que fue independiente de los tratamientos, y de ahí en más se mantuvieron constantes. Este comportamiento es esperable para vacas de alta producción en el parto y ya ha sido reportado por otros autores Burke y col. (2010), Cavestany y col. (2009 a y b), y Meikle y col. (2013). Este fenómeno es debido a que la vaca en el parto, según describe Ortega-García (1997), pierde aproximadamente 100 Kg de peso vivo entre su cría y membranas fetales, incrementándose esta pérdida aún más en vacas Holstein de alta producción debido al BEN existente en este período de cambios fisiológicos dramáticos para el animal, llevando a una disminución pronunciada de la CC en el PP temprano.

Específicamente, la hipótesis de que la suplementación pre parto con una fuente de carbohidratos no fibrosos permitiría lograr un reinicio anticipado de la ciclicidad ovárica pos parto, se basaba en dos mecanismos. El primero es que, para algunos autores, suministrar dietas que favorezcan la entrada de glucosa al organismo animal, puede tener efectos positivos sobre la reproducción de rumiantes (Van Knegsel y col., 2005). Un aumento de glucosa tendría un efecto positivo sobre el desarrollo folicular, ya que ha sido señalada como una importante fuente de energía para el ovario y como un estímulo del crecimiento y desarrollo folicular en el ovario (Rabiee y col., 1999), y este sería un posible mecanismo para explicar algunos efectos positivos observados. Por otra parte, un aumento en la concentración de glucosa en sangre lleva a una mayor secreción de insulina para mantener la homeostasis de este metabolito, y se ha reportado que un aumento en la concentración de esta hormona antes de la primera

ovulación PP mejoraría el desarrollo folicular y reduciría la longitud del anestro PP (Gong y col., 2002; Garnsworthy y col., 2009). Aplicadas dietas ricas en CNF durante las 3 semanas antes del parto, podría esperarse un efecto positivo sobre el desarrollo del folículo pre-antral que se vería reflejado cuando fuera a ovular en el PP temprano (Britt, 2008).

El segundo mecanismo sería que, como los requerimientos de glucosa están elevados durante el fin de la gestación y el inicio de la lacto génesis, habría 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). La utilización de los CNF también se justificaría para ayudar a la adaptación de bacterias del rumen y un mayor crecimiento de las papilas a las dietas de lactancia altamente fermentables (Amanlou y col., 2008). Al introducir estos carbohidratos en las dietas preparto se mejoraría el desarrollo de las poblaciones microbianas que utilizan el ácido láctico fomentando el crecimiento de las papilas al haber más ácido propiónico (Calsamiglia, 2000). Tomado en conjunto, todas estas modificaciones estimularían un mayor consumo de glucosa y de nutrientes en general durante el parto, lo que podría verse reflejado en la fisiología ovárica, ya que como menciona Rabiee y col. (1999), la glucosa es la fuente principal de energía para el ovario.

Una posible explicación de por qué en este trabajo no hubo diferencias entre los tratamientos preparto sobre el reinicio de ciclicidad ovárica PP es que, como menciona Bertora y col. (2013, datos sin publicar), no hubo diferencias estadísticamente significativas en los niveles de insulina en sangre de las vacas de los distintos tratamientos de este experimento, y consecuentemente, los niveles de glucosa tampoco fueron afectados, lo que habría evitado que hubiera un estímulo positivo de una mayor concentración sanguínea de glucosa y/o insulina a nivel de ovario. Cavestany et al. (2009a) sí lograron modificar la concentración en sangre tanto de glucosa como de insulina, y reportaron una reducción en el anestro PP asociado a este cambio, pero a diferencia de nuestro estudio ello fue logrado modificando los niveles energéticos requeridos por los animales, y no solo cambiando la fuente de energía ofrecida.

Además, es posible que el nivel de inclusión de grano de maíz, que era la fuente de CNF usada en este trabajo, no fuera suficientemente alto como para alterar las concentraciones sanguíneas de glucosa y/o insulina, y que por eso no hubiera impacto sobre el folículo que se estaba desarrollando durante el parto. Sin embargo, también es cierto que la proporción de grano de maíz en la dieta ya era muy alta (aportaba 35% de la ENL de la misma), e incrementarla habría llevado a un aumento del riesgo de acidosis por exceder los aportes de CNF, o por reducir los niveles de fibra efectiva por debajo del mínimo indispensable (25 % FDN del forraje) para un buen funcionamiento ruminal (Calsamiglia, 2000).

Un trabajo similar al nuestro fue realizado por Burke y col. (2010) con dietas isoenergéticas e isoproteicas, las cuales se diferenciaban por contener diferentes

fuentes de carbohidratos tanto fibrosos como no fibrosos (en base a una mezcla de grano de maíz y cebada) en el preparto. Sin embargo, los autores no lograron observar diferencias en la longitud del anestro PP por aplicar estas dietas en el preparto. Por otro lado, otros autores han usado diferentes tipos de aditivos sin modificar el aporte de energía, pero para poder aumentar la producción de ácido propiónico a nivel ruminal, que es un precursor de la síntesis de glucosa a nivel hepático; este es el caso de Francisco y col. (2002) quién utilizó propionibacterias, Lehloneya y col. (2008) que empleó levadura y/o propionibacterias, y Meléndez y col. (2006) que incluyeron monensina en dietas de vacas lecheras utilizando los mismos en el pre y PP, lo que es una diferencia con nuestro experimento donde sólo se aplicaron los tratamientos en el preparto. De todos modos, y de forma similar a lo encontrado por Burke y col. (2010) y nuestro experimento, ninguno de ellos encuentra un efecto del tipo de dieta y el intervalo parto a 1<sup>a</sup> ovulación. Por lo tanto, esta información parece decir que es difícil alterar el reinicio de la actividad luteal PP en vacas lecheras sólo modificando la fuente de carbohidratos que se ofrece en la dieta preparto.

Cuando las vacas fueron caracterizadas por el tiempo transcurrido hasta el reinicio de su actividad luteal, se encontró un efecto significativo únicamente para la variación del peso vivo durante los primeros 21 días pos parto. Esta variable ha sido estudiada en diferentes trabajos experimentales, que han concluido que la magnitud de la pérdida en peso vivo pos parto es uno de los parámetros más relevantes que afectan la posterior performance reproductiva, expresada en términos de ciclicidad pos parto (Britt, 2008); esto explicaría el fenómeno de ovulación más tardía en vacas con pérdidas más considerables, constatado en nuestro ensayo.

Por otra parte la literatura internacional menciona que el reinicio de actividad ovárica está fuertemente correlacionada con el BEN, más que con la producción de leche o el consumo de energía de forma separada (Butler, 2000), y eso habría explicado por qué los grupos que tuvieron un distinto comportamiento en cuanto al reinicio de la actividad luteal PP, difirieron en estas variables.

## **10. CONCLUSIONES**

A partir de los datos obtenidos en este estudio se concluye que la fuente de carbohidratos ofrecida en la dieta preparto de vacas lecheras no afecta el peso vivo, la condición corporal, o el reinicio de la actividad luteal en el PP temprano.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. Amanlou, H., Zahmatkesh, D., Nikkhah, A. (2008). Wheatgrain as a prepartal cereal choice to ease metabolic transition from gestation into lactation in Holstein cows. *J Anim Physiol Anim Nutr*; 92:605-613.
2. AOAC. (1990). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of analysis. 15th ed. Office of the federal Register, Kenneth Helrich. Arlington. 1103 p. 150. Ed.
3. Bach, A. (2001). La reproducción del ganado lechero: Nutrición y Fisiología. XVII Curso de Especialización FEDNA: Avances en nutrición y alimentación animal; pp 105-130. <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2001CAPV.pdf>. Fecha de consulta: 03/08/2013.
4. Bértora, L. Melitón, G. Olivera, N. (2013, sin publicar). Efecto de la fuente de los carbohidratos ofrecido en el parto sobre los parámetros sanguíneos (glucosa, insulina, NEFA, BHB). Tesis de grado. Facultad de Veterinaria. Universidad de la República.
5. Britt JH. (2008). Oocyte development in cattle: physiological and genetic aspects. *Rev. Bras. Zoot.* 37 (SE): 110-115.
6. Burke, C.R., Kay, J.K., Phyn, C.V.C., Meier, S., Lee, J.M., Roche, J.R. (2010). Effects of dietary nonstructural carbohydrates pre-and postpartum on reproduction of grazing dairy cows. *J Dairy Sci*; 93:4292-4296.
7. Butler WR, Smith RD. (1989). Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci*; 72:767-783.
8. Butler. WR (2000). Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 449-457.
9. Butler, S.T.; Marr, A.L.; Pelton, S.H.; Radcliff, R.P.; Lucy, M.C., Butler, W.R. (2003). Insulin restores GH responsiveness during lactation-induced negative energy balance in dairy cattle: effects on expression of IGF-I and GH receptor 1A. *J. Endoc.* 176: 205-217.
10. 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.
11. Cavestany D. (2000). Manejo reproductivo en vacas lecheras. Serie técnica N° 115. INIA. Uruguay. 32 p.
12. Cavestany D, Kulcsár M, Crespi D, Chilliard Y, La Manna A, Balogh O, Keresztes M, Delavaud C, Huszenicza G, Meikle A. (2009a). 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.
13. Cavestany, D., Viñoles, C., Crow, M.A., La Manna, A., Mendoza, A. (2009b). Effects of prepartum diet on postpartum ovarian activity in Holstein cows in a pasture-based dairy system. *Anim. Reprod Sci.* 114:1-13.
14. Cavestany, D.; Galina, C.S., Vinales, C. (2001). Efecto de las características del reinicio de la actividad ovárica PP en la eficiencia reproductiva de vacas Holstein en pastoreo. *Arch. Med. Vet. (Chile)* 33: 217-226.

15. Chilliard. Y, Ferlay. A, Faulconnier. Y, Bonnet. M, Rouel. J, Bocquier. F (2000). Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants. *Proc Nut Soc*; 59:127-138.
16. De Blas. C, Rebollar, P.G, Méndez, J. (1995). Utilización de cereales en dietas de vacunos lecheros. XI curso de especialización. *Avances en nutrición y alimentación animal*. p. 48-67. [http://www.fundaciónfedna.org/sites/default/files/95CAP\\_III.pdf](http://www.fundaciónfedna.org/sites/default/files/95CAP_III.pdf) Fecha de consulta: 10/10/21013
17. Drackley JK. (1999). Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *J Dairy Sci*; 82:2259-2273.
18. Edmonson AJ, Lean J, Weaber LD, Farver T, Webster G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy. Sci*; 72:68-78
19. Francisco, C.C., Chamberlain, C.S, Waldner, D.N, Wettemann, R.P., Spicer, L.J. (2002). Propionibacteria fed to dairy cows: effects on energy balance, plasma metabolites and hormones, and reproduction. *J. Dairy. Sci*. 85:1738-1751.
20. García Bouissou R. (2008). Factores que afectan la eficiencia reproductiva de los rodeos lecheros. XXXVI Jornadas Uruguayas de Buiatria. Paysandú. p. 128-132.
21. Garnsworthy, PC., Fouladi-Nashta, A.A., Mann, G.E., Sinclair K.D., Webb, R. (2009). Effect of dietary-induced changes in plasma insulin concentrations during the early post partum period on pregnancy rate in dairy cows. *Reproduction* 137: 759–768.
22. Ginther. OJ, Nuti. LC, Garcia. MC, Wentworth. BC., Tyler. WJ (1976). Factors Affecting progesterone concentration in cow's milk and dairy products. *J Anim Sci* 42: 155-159.
23. Glister, C.; Tannetta, D.S.; Groome, N.P., Knight, P.G. (2001). Interactions between follicle-stimulating hormone and growth factors in modulating secretion of steroids and inhibin-related peptides by nonluteinized bovine granulosa cells. *Biol. Reprod*. 65: 1020-1028.
24. Gong JG, Lee WJ, Garnsworthy PC, Webb R. (2002). Effect of dietary induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. *Reproduction* 123 419–427.
25. Grummer RR. (1995). Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J Anim Sci*; 73:2820-2833.
26. Ibarra, D., Chilibroste, P. (2003). Evolución de la condición corporal y variables reproductivas. En: Proyecto "Interacción Alimentación-Reproducción". Informe final. CONAPROLE. Uruguay. pp. 34-45.
27. Ipharraguerre. IR, Clark JH. (2003). Soyhulls as an Alternative Feed for Lactating Dairy Cows: A review. *J Dairy Sci*; 86: 1052-1073.
28. Karg, H. (1981). Physiological impacts on fertility in cattle, with special emphasis on assessment of the reproductive function by progesterone assay. *Livest. Prod. Sci* 8: 233-246.
29. Kawashima, C., Kaneko, E., Amaya, C., Matsui, M., Yamagishi, N.; Matsunaga, N., Ishii, M., Kida, K., Miyake, Y., Miyamoto, A. (2006). Relationship between the first ovulation within three weeks postpartum and

- subsequent ovarian cycles and fertility in high producing dairy cows. *J. Reprod. Dev.* 52: 479-486.
30. Lehloeny, K.V., Stein, D.R., Allen, D.T., Selk, G.E., Aleman, M.M., Rehberger, T.G., Mertz, K.J., Spicer, L.J. (2008). Effects of feeding yeast and propionibacteria to dairy cows on milk Yield and components, and reproduction. *J. Anim. Physiol. Anim. Nut.* 92: 190–202.
  31. Lucy, MC (2001). Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? *J Dairy Sci.* 84: 1277-1293.
  32. Lucy, M.C. (2003). Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reproduction Supplement* 61: 415-427.
  33. Malvasio, M., Pimentel, S., Ponce de León, C (2013). Efectos de la inclusión de distintas fuentes de carbohidratos en la dieta parto sobre la producción y composición de leche en vacas durante la lactancia temprana. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria. Universidad de la República. 38 p.
  34. McDonald, P., Edwards, RA., Greenhalgh, JFD, Morgan, CA. (2006). *Nutrición animal*. 6a ed. Zaragoza, Acribia. 587 p.
  35. Meikle A, Cavestany D, Carriquiry M, Adrien ML, Artegoitia V, Pereira I, Ruprecht G, Pessina P, Rama G, Fernández A, Breijo M, Laborde D, Pritsch O, Ramos JM, de Torres E, Nicolini P, Mendoza A, Dutour J, Fajardo M, Astessiano AL, Olazábal L, Mattiauda D, Chilbroste P. (2013). Avances en el conocimiento de la vaca lechera durante el período de transición en Uruguay: un enfoque multidisciplinario. *Agrociencia (Uruguay)* 17: 141-152.
  36. Melendez, P., Gonzalez, G., Benzaquen, M. Risco, C. Archbald, L. (2006). The effects of a monensin controlled-release capsule on the incidence of retained fetal membranes, milk yield and reproductive responses in Holstein Cows. *Theriogenology* 66: 234-241.
  37. Mertens, D. R. (1992). Nonstructural and structural carbohydrates. *Large Dairy Herd Management*. Am. Dairy Sci. Assoc., Champaign, IL. pp: 219-235.
  38. Morales, J.T., Cavestany, D. (2012). Anestro PP en vacas lecheras: tratamientos hormonales. *Veterinaria (Montevideo)* 48: 19-27.
  39. National Research Council, (2001). *The nutrient requirement of dairy cattle*. 7<sup>o</sup> ed. Washington, D.C National Academic Press. 381 p.
  40. Ortega Garcia, A. (1997). Cambio de peso a través de la lactancia en vacas Holstein de un hato del oriente antioqueño. *Rev. Fac. Nal. Agr. (Colombia)* 50: 67-76.
  41. 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.
  42. Peter. AT, Vos. PLAM. Ambrose. DJ. (2009). Postpartum anestrus in dairy cattle. *Review. Theriogenology* 71: 1333-1342.
  43. 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.
  44. Rabiee, A.R., Lean, I.J. (1999). Uptake of glucose and cholesterol by the ovary of sheep and cattle and the influence of arterial LH concentrations. *Anim. Reprod. Sci.* 64: 199-209.

45. Rhodes, F.M., McDougall, S., Burke, C.R., Verkerk, G.A., Macmillan, K.L. (2003). Invited review: treatment of cows with an extended postpartum anestrus interval. *J. Dairy Sci.* 86: 1876-1894.
46. Roche, JR, Kay, JK Phyn, CVC, Meier, S, Lee, JM, Burke, CR. (2010). Dietary structural to nonfiber carbohydrate concentrations during the transition period in grazing dairy cows. *J Dairy Sci*; 93: 3671-3683.
47. Roche, J.F., Mackey, D., Diskin, M.D. (2000). Reproductive management of postpartum cows. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 703-712.
48. Savio, JD, Keenan L, Boland MP, Roche JF. (1988). Pattern of growth of dominant follicles during the oestrous cycle of heifers. *J Reprod Fertil*; 83: 663-671.
49. Savio JD, Boland MP, Roche JF. (1990). Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in post-partum dairy cows. *J Reprod Fertil* 88:581-591.
50. Van Knegsel A, Van den Brand, H., Dijkstra, J., Tamminga, S., Kemp, B. (2005). Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle. *Reprod. Nutr. Dev.* 45: 665-688.
51. 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.
52. Yavas, Y, Walton, JS. (2000) Postpartum acyclicity in suckled beef cows: A review. *Theriogenology* 54: 25-37.