

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA

**EFFECTO DEL NIVEL DE ALIMENTACIÓN PREPARTO SOBRE EL REINICIO DE LA
ACTIVIDAD LUTEAL DE VACAS LECHERAS A PASTOREO**

por

María Elisa BERNEDA
Cintia Betina NOBLE
Mariángela RODRIGUEZ

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
2019

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:

DMTV. Daniela Crespi

Segundo miembro (Tutor):

Ing. Agr. MSc. PhD. Alejandro Mendoza

Tercer miembro:

DCV MsC. Carolina Fiol

Fecha:

Autores:

María Elisa Berneda

Cintia Betina Noble

Mariángela Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias.

A nuestros compañeros de tesis, por compartir esta etapa muy importante y llena de aprendizajes.

A Alejandro Mendoza y Sebastián Basantes, por su tiempo, dedicación, orientación, y apoyo a lo largo de este trabajo.

A todas estas personas: Tino, Joaquín, Juanito, Gonzalo, Gallego, Sebastián Trinidad, que estuvieron y fueron parte de esta etapa compartiendo cada momento con onda y compañerismo.

A Robert Wijma, Marcelo Pla y Tatiana Morales por su absoluta colaboración.

A Lobo, Raquel y su familia, con gran cariño, quienes nos hicieron sentir en un lugar más acogedor y estuvieron pendientes de nuestras necesidades.

A todo el personal de la Unidad de Lechería del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Estación Experimental “La Estanzuela”, por su colaboración.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| PÁGINA DE APROBACIÓN..... | 1 |
| AGRADECIMIENTOS..... | 2 |
| LISTA DE CUADROS Y FIGURAS..... | 5 |
| 1. RESUMEN..... | 6 |
| 2. SUMMARY..... | 7 |
| 3. INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 10 |
| 4.1. Fisiología de la vaca lechera durante el período de transición..... | 10 |
| 4.2. El período de transición de la vaca lechera en sistemas pastoriles..... | 11 |
| 4.3. Reinicio de la actividad luteal posparto en la vaca lechera..... | 12 |
| 4.4. Manipulación del nivel de alimentación preparto y su impacto en el reinicio de la actividad lútea posparto..... | 14 |
| 5. HIPÓTESIS..... | 17 |
| 6. OBJETIVOS..... | 18 |
| 7. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 19 |
| 7.1. Diseño experimental..... | 19 |
| 7.2. Mediciones..... | 21 |
| 7.2.1. Peso vivo y condición corporal..... | 21 |
| 7.2.2. Reinicio de la actividad luteal..... | 21 |
| 7.3. Análisis estadístico..... | 21 |
| 8. RESULTADOS..... | 24 |
| 8.1. Evolución del peso vivo y condición corporal..... | 24 |
| 8.2. Reinicio de actividad ovárica posparto..... | 25 |
| 9. DISCUSIÓN..... | 28 |
| 10. CONCLUSIONES..... | 31 |
| 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 32 |

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

- Cuadro 1. Ingredientes utilizados en las raciones totalmente mezcladas y composición química de los alimentos suministradas a los animales durante el experimento.....20
- Cuadro 2. Lista de variables empleadas para describir los grupos de animales según si ovularon o no durante el período experimental.....23
- Cuadro 3. Efecto del nivel de oferta de alimento para cubrir el 80, 100 o 120% de los requerimientos de energía neta en lactación y proteína metabolizable en las últimas 3 semanas preparto, sobre peso vivo y condición corporal en pre y posparto.....24
- Cuadro 4. Efecto del nivel de oferta de alimento suficiente para cubrir el 80, 100 o 120 % de los requerimientos de energía neta en lactación y proteína metabolizable en las últimas 3 semanas preparto, sobre la probabilidad de ovular e intervalo parto - primera ovulación en posparto.....25
- Cuadro 5. Características productivas y metabólicas de los animales según si ovularon o no durante el período experimental. Solo se presentan las variables indicadas que resultaron significativas o que presentaron una tendencia.....26
- Figura 1. Efecto del nivel de oferta de alimento suficiente para cubrir el 80, 100 o 120 % de los requerimientos de energía neta en lactación y proteína metabolizable en las últimas 3 semanas preparto, sobre la evolución de la condición corporal de vacas lecheras durante el pre y posparto.....25

1. RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de diferentes niveles de alimentación durante el parto en el reinicio de la actividad luteal en vacas Holstein. Para ello, se usaron 30 vacas Holstein multíparas de la Unidad de Lechería de INIA “La Estanzuela” (departamento de Colonia). Para la evaluación, se asignaron a 3 tratamientos según un diseño de bloques completos al azar. Los tratamientos evaluados fueron: nivel de alimentación para cubrir 80%, 100% o 120% de los requerimientos de energía neta para lactancia y proteína metabolizable, que se aplicaron durante las 3 semanas previas al parto. Se usó una única ración totalmente mezclada (RTM), que se ofreció en comederos individuales según el tratamiento. Luego del parto las vacas se manejaron como un único lote hasta el día 56 posparto. Se midió peso vivo, condición corporal, y reinicio de la actividad luteal. Los resultados obtenidos permitieron concluir que los diferentes niveles de alimentación durante el parto no afectaron la probabilidad de ovular ni en el intervalo parto-primera ovulación.

2. SUMMARY

The aim of this work was to evaluate the effect of different feeding levels during prepartum in the resumption of luteal activity in Holstein cows. To achieve this, 30 multiparous Holstein cows were used from INIA “La Estanzuela”, Unidad de Lechería (Colonia department, Uruguay). The dairy cows were assigned to 3 treatments according to a randomized complete block. The treatments evaluated were: feeding level to cover 80%, 100% or 120% of the total requirements of net energy for lactations and metabolizable protein, which were applied during the last 3 weeks before expected calving date. In each treatment dairy cows received a total mixed ration offered in individual feeders. After calving, all cows were managed as a group until day 56 postpartum. Live weight, body condition, and onset of postpartum the luteal activity were measured. From the results obtained it can be concluded that the different prepartum feeding levels had neither effect on the probability of ovulation nor the interval from calving to first postpartum ovulation.

3. INTRODUCCIÓN

La selección genética por producción de leche, asociada a la difusión del Holando de alta producción, ha sido un factor fundamental en la mejora de la productividad internacional, incluso en Uruguay (Meikle y col., 2013). Sin embargo, investigaciones nacionales sugieren que los animales en el período de transición no logran expresar todo su potencial, seguramente en respuesta al desajuste entre requerimientos y oferta de nutrientes y ambiente productivo (Chilibroste, 2012).

Esto se debería, en parte, a que los sistemas de producción de leche de Uruguay son de base pastoril, y se ha reportado que el consumo de materia seca (MS) en este tipo de sistemas es frecuentemente más bajo que en sistemas confinados, y podría ser insuficiente para sostener la alta producción de leche que podría lograrse con el potencial genético (Kolver y Müller, 1998; Meikle y col., 2013). Por este motivo, la vaca lechera de alto mérito genético no podría alcanzar su máximo potencial de producción solamente con el consumo de pasto, y por lo tanto requiere del suministro diario de suplementos para cubrir la demanda nutricional debida a la producción de leche (Chilibroste, 2012).

Es un prerequisite para un desempeño económicamente rentable de la vaca lechera que produzca un ternero a intervalos regulares (Royal y col., 2002), siendo el factor limitante el intervalo parto – concepción. Sin embargo, el aumento en el potencial productivo de los animales, productos de una sostenida selección por producción de leche, ha llevado a la disminución de distintos indicadores reproductivos, ligado al aumento de problemas sanitarios (Lucy, 2001; Royal y col., 2002). La vaca de alta producción durante el último mes de gestación y el posparto temprano pasa por un período de balance energético negativo (BEN), debido a que los requerimientos para el crecimiento del feto y la producción de leche exceden la energía obtenida a través del alimento (Grummer, 1995). Esto se refleja en grandes modificaciones en el metabolismo energético y proteico de manera de afrontar el inicio de la lactación, y así evitar desórdenes de la salud durante el período de transición.

El reinicio de la actividad ovárica posparto (AOPP) está relacionada con la alimentación y el manejo durante el período de transición (Beam y Butler, 1999). Después del parto la AOPP se encuentra afectada por el BEN, relacionándose la primera ovulación a la recuperación de éste (Butler y col., 1981). Las vías por las que el eje hipotálamo-hipófisis-ovario es informado del balance energético del animal son complejas, e involucran muchos metabolitos y hormonas, como el sistema de la hormona del crecimiento (GH) y factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1), insulina, hormonas tiroideas y leptina. El reinicio de la AOPP, con ciclos con ovulaciones luego del parto es un prerequisite para que se establezca la preñez en un intervalo de tiempo oportuno (Garverick y Lucy, 2011).

Por lo tanto, el manejo nutricional durante el parto puede ser una herramienta para facilitar la transición hacia el comienzo de la lactancia (Overton y Waldron, 2004). Grummer (1995) señaló que vacas que consumen más alimento en el parto tienden a consumir más alimento también en el posparto; por lo tanto, se podría pensar que

esto tendería a reducir la severidad del BEN en lactancia temprana, facilitando un más rápido reinicio de la AOPP. Sin embargo, la información en este sentido no es concluyente. Por un lado, estudios realizados en nuestro país revelan que incrementar el plano de alimentación en las últimas semanas antes del parto conduce a una menor movilización de tejido adiposo, y lleva a una reducción del intervalo entre el parto y primera ovulación en vacas multíparas (Cavestany y col., 2009a; Cavestany y col., 2009b). Por otra parte, otros trabajos no observaron efectos del plano de alimentación preparto sobre el reinicio de la AOPP (Keady y col., 2001; McNamara y col., 2003).

Por lo tanto, esta tesis propone estudiar con más detalle los efectos de modificar el nivel de alimentación preparto sobre el reinicio de la AOPP en vacas lecheras multíparas.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Fisiología de la vaca lechera durante el período de transición

El período de transición está comprendido desde 3 semanas antes del parto, hasta 3 semanas después de éste (Grummer, 1995; Drackley, 1999). Es una etapa donde la demanda de nutrientes para el crecimiento fetal y el comienzo de la síntesis láctea están en aumento en el tramo final de la gestación, la ingesta de MS decrece gradualmente desde la 3ª semana antes del parto, con una disminución más marcada sobre la última semana preparto, pudiendo llegar hasta una reducción de alrededor de 30% (Grummer, 1995). Luego del parto, ocurre un marcado y súbito aumento de los requerimientos para la producción láctea, en un momento en que la ingesta de MS, y por lo tanto de nutrientes, no lo satisface (Drackley, 1999). Este desacople entre ingesta y requerimientos es lo que se conoce como un BEN, el cual promueve la movilización de reservas corporales.

El resultado de la energía consumida menos la energía utilizada para el mantenimiento y la producción de leche es lo que conocemos como balance energético. Con un manejo nutricional normal en el preparto, las vacas lecheras raramente caen en un BEN antes del parto, sin embargo, luego de éste, los requerimientos nutricionales crecen rápidamente debido a la producción láctea, e ineludiblemente caen en un estado de BEN (Peter y col., 2009). En la medida que este desacople entre requerimientos y oferta de nutrientes sea mayor, los animales verán más comprometida su capacidad para expresar su potencial productivo (Meikle y col., 2013).

Por lo tanto, la transición del estado de preñada no lactante, al de no preñada lactante, es un período de cambios drásticos para la vaca, que debe adaptar el metabolismo de glucosa, ácidos grasos y minerales a las fuertes exigencias que le demanda la producción (Overton y Waldron, 2004). Dependerá del equilibrio con que la vaca resuelva este proceso la capacidad de maximizar la producción y la calidad de la leche, evitar enfermedades metabólicas y asegurar la siguiente preñez (Meike y col., 2013). Por ejemplo, tan solo 4 días luego del parto, la demanda de la glándula mamaria de glucosa, aminoácidos y ácidos grasos crece considerablemente, de modo que no puede ser satisfecha inclusive con un aumento voluntario del consumo. Por lo tanto, ocurre un aumento en la tasa de gluconeogénesis hepática, así como un incremento en la movilización de tejido adiposo, con concomitantes cambios en el metabolismo de los aminoácidos, que involucran una movilización de proteínas corporales, que, sin embargo, es más moderada que la de lípidos (Bell, 1995).

La vía fisiológica por la cual el metabolismo de la vaca lechera en transición realiza estas adaptaciones para afrontar las exigencias de este período involucra al eje hipotálamo-hipófisis-ovario, quien es informado acerca del estado energético del animal. Este sistema es complejo e involucra a varios metabolitos y hormonas, como el sistema GH – IGF-1, insulina, hormonas tiroideas y leptina (Meikle y col., 2004). Por ejemplo, las concentraciones de insulina y de IGF-1 están disminuidas alrededor del parto, lo que es consistente con el BEN y la reducción del consumo (Meikle y col., 2004). A su vez, la GH se encuentra elevada luego del parto, lo que promueve el uso de

los nutrientes por la ubre, por lo que se la reconoce como la hormona teleoformática por excelencia. La falta de retroalimentación negativa sobre esta hormona, mediante la insensibilización hepática a la GH, se traduce en menores cantidades de su mediador el IGF-1 (Kobayashi y col., 1999), que promueve una mayor concentración circulante de la GH hacia el final de la gestación y por ende mayor acción teleoformática. Del mismo modo, concentraciones menores de insulina y de IGF-1 soportan la lactancia favoreciendo el catabolismo periférico (Meikle y col., 2013). La resistencia a la insulina, desarrollada en la última fase de la preñez en el tejido adiposo y músculo, se mantiene en el posparto (Bell, 1995). Por otro lado, la IGF-1 y la insulina son las mismas hormonas que estimulan el desarrollo folicular y el reinicio de la AOPP (Meikle y col., 2013). La recuperación del BEN se manifiesta en el aumento de insulina e IGF-1 asociándose con el inicio del aumento del consumo y el fin del desacople del eje somatotrófico. El estrógeno, de origen placentario en su mayoría, durante la gestación tardía aumenta, pero disminuye enseguida del parto (Peter y col., 2009). Y la GH es la responsable, en su mayoría, del aumento y refuerzo durante y luego del parto de la secreción de estradiol (E2) y prolactina (Bell, 1995).

Los cambios endócrinos mencionados conducen a una gran movilización de las reservas de lípidos disponibles en el tejido adiposo, que ocurre en el pre y posparto temprano, y que resultan en una pronunciada elevación de los ácidos grasos no esterificados en sangre (AGNE). La CC durante el período de transición se refleja en los perfiles metabólicos y endócrinos en sangre, evidenciado por Meikle y col. (2004). Este aumento en la concentración de AGNE es a menudo seguido por un aumento de la síntesis de β – hidroxibutirato (BHB), lo que refleja el déficit energético (Meikle y col., 2004). Esta movilización de reservas de lípidos corporales se visualiza en el animal como una pérdida de condición corporal. La magnitud del BEN y el grado de movilización de las reservas corporales están directamente relacionados con el intervalo entre el parto y la primera ovulación, y en caso de que sean muy acentuados pueden afectar negativamente tanto el potencial de producción de leche como la fertilidad de los animales (Butler y Smith, 1987).

La movilización de lípidos corporales se acompaña de una disminución en las concentraciones de leptina, que es sintetizada por los adipocitos y varía con cambios en el porcentaje de depósitos grasos (Delavaud y col., 2002). Esta hormona actúa como una señal de la reserva energética para las regiones hipotalámicas que controlan el comportamiento ingestivo, las funciones metabólicas y endócrinas para mantener la homeostasis energética (Chilliard y col., 2001). También la tiroxina plasmática aumenta hacia el final de la gestación, y lo mismo ocurre con la tri-iodotiroxina, pero de forma menos pronunciada, y ambas hormonas tiroideas disminuyen drásticamente antes del parto (Meikle y col., 2004; Kunz y col., 1985) para luego aumentar nuevamente.

4.2. El período de transición de la vaca lechera en sistemas pastoriles

En nuestro país los sistemas de producción de leche son de base pastoril. Asociado a que la distribución anual de partos no es estacionaria, estos sistemas exhiben un desbalance estructural entre oferta y demanda de nutrientes, que se intenta corregir con suplementación a partir de reservas forrajeras y concentrados como forma de cubrir el

déficit con respecto a la demanda de los animales (Chilibroste, 2012). En este sentido, la herramienta de la suplementación fue uno de los factores claves que permitieron el salto productivo tan importante que experimentó la lechería nacional en las dos últimas décadas (DIEA, 2014).

El consumo de MS de vacas lecheras en sistemas pastoriles es usualmente más bajo que en sistemas de confinamiento (Meikle y col., 2013), lo que podría determinar que los animales no logran ingerir la cantidad suficiente de nutrientes para sostener la producción de leche, particularmente en lactancia temprana, cuando la tasa de aumento de la capacidad de consumo es menor que la tasa de aumento de los requerimientos de los animales. Adicionalmente, la selección genética a favor de la producción lechera ha causado una mayor demanda de nutrientes por parte de los animales, lo que podría derivar en un BEN más acentuado (Lucy, 2001). También, en condiciones de pastoreo existe un costo de energía extra asociado a la caminata, la búsqueda y cosecha de forraje, que no existe en condiciones de confinamiento, y que podría resultar en un BEN más profundo (Kolver y Müller, 1998).

Debido a que el reinicio de la AOPP está relacionado con la magnitud del BEN (Butler y col., 1981), es posible que vacas lecheras manejadas en sistemas pastoriles, particularmente si tienen un alto potencial de producción, experimenten intervalos de anestro posparto prolongado. Estudios nacionales coinciden con lo mencionado anteriormente, y sugieren que en condiciones pastoriles la severidad del BEN podría ser más acentuada que en condiciones de confinamiento, evidenciando que las vacas se adaptan con más dificultad a los cambios ocurridos al parto y lactancia temprana. En este sentido, Meikle y col. (2013) señalan que vacas con mejor CC al parto presentaron concentraciones más altas de IGF-1 en el posparto, y que esto estuvo asociado a un reinicio de la AOPP más corto.

4.3. Reinicio de la actividad luteal posparto en la vaca lechera

El anestro posparto es el período sin actividad cíclica regular en el cual hay ausencia de la expresión del celo y ovulación. Este evento fisiológico normalmente se ve regulado por el eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero que debe recuperarse de la preñez previa en un lapso que comprende 45 a 60 días, volviéndose anormal si excede este período y dependiendo de factores como, edad, raza, ambiente, genéticos, entre otros (Peter y col., 2009).

La duración del anestro posparto en vacas lecheras se ve principalmente afectado por el estado nutricional de la vaca y el BEN. Otros factores como la raza, número de partos, relación paridad/edad, producción de leche, época del año, presencia de toro, distocias, involución uterina, entre otros, determinan variaciones en la intensidad de los efectos provocados por los factores principales (Lucy, 2001; Roche y col, 2000).

El reinicio de la ciclicidad ovárica posparto debe apuntar a la involución uterina y recuperación del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, para dar lugar a la primera ovulación acompañada de celo y de la formación de un cuerpo lúteo de duración normal. La involución uterina comprende dos fases: la expulsión de los tejidos placentarios y sus

líquidos y la posterior reparación del tejido uterino. La síntesis de prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}) la cual está regulada por el E2 y el cortisol fetal determinan la involución uterina. Durante la preñez, altos niveles de hormonas como la P4, estrógenos, lactógeno placentario y la PGF_{2α}, determinan alteraciones en el eje hipotálamo-hipófisis-ovario para priorizar adaptaciones metabólicas, mantenimiento del cuerpo lúteo y desarrollo de la glándula mamaria (Butler, 2000; Peter y col., 2009).

En el período comprendido entre el fin de la preñez y posparto temprano a nivel de la adenohipófisis se encuentran disminuidas las concentraciones de LH y FSH. A nivel del hipotálamo, la GnRH del se encuentra en valores normales pero la adenohipófisis es menos sensible a su acción, por lo tanto, es incapaz de responder al estímulo de la GnRH y liberar LH a la circulación general (Butler, 2000). Durante este período, se debe dar la primera fase de recuperación posparto, que consiste en la recuperación de las reservas de LH hipofisaria y su pulsatilidad. Por otro lado, las concentraciones de FSH aumentan sus niveles entre los días 2-7 después del parto y se supone que su aumento favorece el desarrollo folicular. La segunda fase se relaciona con el aumento de la sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa de los estrógenos provocada por el efecto de la succión la cual aumenta el tono de los péptidos opioides y disminuye la liberación pulsátil de GnRH (Williams, y col. 1996).

El ciclo estral comprende dos o tres ondas de crecimiento folicular, el reclutamiento da lugar al comienzo de cada onda, que se caracteriza por el crecimiento de folículos de aproximadamente 2-5 mm de diámetro (generalmente 2-6 folículos), precedidos por un aumento de la FSH (Butler, 2000). Estos folículos continúan su crecimiento hasta 7-8 mm de diámetro donde se selecciona uno para completar su tamaño de 14-18 mm como folículo dominante. Los folículos restantes subordinados sufren atresia. La primera oleada folicular después del parto ocurre dentro de los 5-10 días, los folículos de aproximadamente 9 mm de diámetro siguen su crecimiento por el estímulo de FSH y cuando las concentraciones de LH adecuadas están presentes, los folículos continúan su crecimiento a tamaño ovulatorio (Garverick y Lucy, 2011). Es aquí que aproximadamente 40-50% de las vacas que ovulan el folículo dominante de la primera onda folicular, otro 30-40% de las vacas ovularan folículos de ondas posteriores y aproximadamente 10-30% permanecen anovulatorios (Beam y Butler 1997).

En relación con el reinicio de la dinámica folicular, en el posparto temprano el folículo dominante debe exponerse a una correcta frecuencia de pulsos de LH para que la ovulación tenga lugar, ya que una inadecuada frecuencia en el pulso de LH resulta en una baja producción de andrógenos por las células tecales y en consecuencia una baja concentración de estrógenos producidos por las células de la granulosa. Esta baja concentración de estrógenos no logra llegar a los niveles necesarios para desencadenar el pico pre-ovulatorio de LH y el folículo dominante comienza a regresar dando lugar al crecimiento de una nueva onda folicular.

La reanudación de la AOPP antes del primer servicio ha demostrado ser un factor determinante para que se produzca la preñez en el primer servicio artificial (Galvao y col., 2004). También se ha visto que vacas que ovularon más temprano durante el posparto obtuvieron mejores resultados reproductivos que las que ovularon

posteriormente (Thatcher y Wilcox 1973; Darwash y Lamming, 1997). Además, las vacas que ovularon en la primera onda folicular posparto tienen un BEN menos severo y un intervalo más corto a la concepción (Beam y Butler 1997). La ovulación temprana posparto es un buen indicador de la salud y de una exitosa transición de la vaca, por lo tanto, vacas que presentan ovulación del primer folículo dominante serán más fértiles a largo plazo que las vacas que ovulan más tarde o no ovulan en su primer servicio (Galvão y col., 2010).

Los desafíos metabólicos durante el posparto se han relacionado con la alta producción de leche, la ingesta de alimentos y las menores concentraciones de hormonas esteroideas, estos factores se encuentran asociados con la alteración de la función ovárica (Beam y Butler, 1999). Por ejemplo, las concentraciones circulantes de P4 y E2 son más bajas en vacas lactantes que en no lactantes (Butler, 2000). La medición de P4 en leche es una herramienta útil para clasificar las fases lúteas (presencia o ausencia de la actividad lútea, Lamming y Darwash, 1998), el estado reproductivo, determinar el estro y la preñez de vaca (Bulman y Lamming, 1978). Por lo tanto, la evaluación de los perfiles de P4 en sangre permite identificar componentes de la actividad luteal de las vacas, así como caracterizar ciclos anormales que afectan la fertilidad y desarrollar estrategias para mejorarla (Bruinjé y col., 2017).

El fracaso de la vaca lechera en alcanzar su nivel máximo de fertilidad es la principal causa de reducción de la eficiencia reproductiva. Existen componentes de subfertilidad que se pueden identificar como causantes de esta disfunción como la secreción vaginal, la ausencia de celo durante el posparto por un período prolongado o un comportamiento irregular asociado con folículos quísticos (Peter y col., 2009). El examen de los perfiles de P4 es un método objetivo para la caracterización de la actividad reproductiva posparto que puede identificar factores que causan tanto la alta fecundidad como la subfertilidad (Lamming y Darwash, 1998). Darwash y Lamming (1997) confirmaron que el reinicio temprano de la ciclicidad posparto es positivo para el rendimiento de la vaca lechera.

4.4. Manipulación del nivel de alimentación preparto y su impacto en el reinicio de la actividad lútea posparto

Las estrategias nutricionales diseñadas para facilitar la transición de la vaca entre el final de la gestación y el inicio de la lactancia deben basarse en el conocimiento de la cantidad y la calidad de nutrientes requeridos tanto para el crecimiento fetal durante la última etapa de la gestación, como para la síntesis de leche durante la lactación temprana (Bell, 1995). Por ejemplo, una alimentación con mayor cantidad de carbohidratos fermentables durante el preparto ayudaría a aclimatar la población microbiana a la alimentación durante la lactancia, promoviendo el desarrollo de las papilas ruminales, aumentando la capacidad de absorción del epitelio ruminal, disminuyendo la lipólisis mediante el aporte de precursores glucogénicos al hígado y mejorando los niveles séricos de insulina (Grummer, 1995).

Según Grummer (1995), el consumo preparto está correlacionado positivamente con el consumo posparto, por lo tanto, los esfuerzos para maximizar el consumo deberían

comenzar antes del parto. Así, una estrategia de manejo de la alimentación de las vacas lecheras en el preparto podría ser incrementar el consumo de alimento durante éste, ya que se conoce que una gran parte de la variación en la producción de leche está explicada por el nivel de consumo de los animales (NRC, 2001). Sin embargo, el efecto de diferentes dietas preparto sobre el retorno a la AOPP es controversial, con experimentos que han mostrado efectos positivos y negativos sobre esta variable. Por ejemplo, Kunz y col. (1985) hallaron en vacas alimentadas con una menor cantidad de energía durante el preparto, comparadas con vacas alimentadas *ad libitum*, que el consumo de MS después del parto creció más rápido, y el BEN y las pérdidas corporales durante las primeras semanas de lactación fueron menores, mientras que la producción total de leche fue similar entre grupos de vacas. Si bien no están claros los mecanismos fisiológicos que expliquen esta respuesta, es posible que un consumo excesivo de alimentos en las últimas semanas preparto podría afectar negativamente los mecanismos de adaptación de la vaca al inicio de la lactancia, y predisponer a los animales a distintos desórdenes metabólicos, que en última instancia alargarían el reinicio de la AOPP.

En un trabajo realizado en Uruguay se estudió el efecto de la suplementación energética durante tres semanas preparto en vacas multíparas y primíparas, y se reportó una mayor producción de leche y una disminución en la duración del anestro en vacas multíparas, lo que estuvo asociado con una mayor concentración preparto de IGF-1, insulina y leptina en dichos animales (Cavestany et al., 2009a). En un experimento posterior reportaron que la suplementación durante tres semanas preparto disminuyó la longitud del anestro posparto de vacas multíparas en 15 días, pero no se observaron efectos en vacas primíparas; la CC se mantuvo en el posparto en las vacas multíparas suplementadas, mientras que disminuyó durante la lactancia temprana en las vacas no suplementadas. La producción de leche no se alteró por efecto de los tratamientos, aunque sí se incrementó el contenido de grasa en las vacas suplementadas (Cavestany et al. 2009b).

Por otra parte, Holtenius y col. (2003) compararon dietas con distinto aporte de energía, e informaron que aquellas con mayor aporte aumentaron las concentraciones sanguíneas de leptina, IGF-1 e insulina durante el preparto, pero no durante el posparto. Sin embargo, no se observó un efecto de los tratamientos sobre la producción de leche, ni sobre el reinicio de la AOPP.

Chagas y col. (2006) reportaron una reducción del intervalo parto-primera ovulación (IPOV) en vacas con una alta oferta respecto a una baja oferta de pastura durante el preparto. Sin embargo, McNamara y col. (2003), en un rodeo de vacas lecheras multíparas asignadas a dietas preparto a base de ensilaje de pastura y suplementadas con distinto nivel de concentrado energético, no observaron diferencias entre tratamientos en el desempeño reproductivo (primer celo posparto, tasa de preñez al primer servicio, porcentaje de preñez, e intervalo parto-concepción). Keady y col. (2001), usando dietas basales similares a las de McNamara y col. (2003), tampoco reportaron efectos al variar el nivel de aporte de energía preparto sobre la longitud del anestro posparto.

5. HIPÓTESIS

Los cambios en el nivel de nutrientes ofrecidos a las vacas lecheras en el preparto afectarán el posterior desempeño reproductivo de las mismas.

6. OBJETIVOS

- Estudiar el efecto del nivel de alimentación de una RTM preparto sobre el reinicio de la actividad luteal posparto en vacas lecheras multíparas.
- Estudiar el efecto del nivel de alimentación de una RTM preparto sobre la evolución de peso vivo y de la condición corporal en vacas lecheras multíparas.
- Evaluar la asociación entre ciertos factores productivos y metabólicos y el reinicio de la actividad luteal posparto en vacas lecheras multíparas.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Diseño experimental

El experimento se realizó en la Unidad de Lechería de INIA “La Estanzuela”, ruta 50, km 11, departamento de Colonia. Se seleccionaron 30 vacas multíparas Holstein de parición de otoño del rodeo de la Unidad, con una condición corporal mayor a 3 a la semana 4 preparto (Edmonson y col., 1989), que fueron bloqueadas por producción en la lactancia previa, número de lactancias, peso y fecha probable de parto. Previo al inicio del experimento todos los animales se encontraban pastoreando campo natural mejorado y fueron suplementados con heno de gramíneas. Dentro de cada bloque fueron asignadas al azar a uno de los siguientes tratamientos, que fueron aplicados durante las últimas 3 semanas antes del parto previsto:

Tratamiento 1: Nivel de alimentación igual a 80% de los requerimientos totales de energía neta para lactancia y de proteína metabolizable

Tratamiento 2: Nivel de alimentación igual a 100% de los requerimientos totales de energía neta para lactancia y de proteína metabolizable

Tratamiento 3: Nivel de alimentación igual a 120% de los requerimientos totales de energía neta para lactancia y de proteína metabolizable

Se formuló una única dieta preparto usando 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 se formuló a partir de ensilaje de maíz y concentrados energéticos (a base de granos de cereales), proteicos (a base de harinas de oleaginosas) y un suplemento vitamínico-mineral, y fue ofrecida como RTM en un único turno de alimentación, durante la mañana. Esta dieta se ofreció en distinta cantidad para cada vaca según el tratamiento en que estuviera, y según su peso y condición corporal individual. Para cada animal la cantidad de RTM no se modificó durante el período en que se aplicaron los tratamientos.

En el preparto las vacas fueron manejadas por separado en diferentes piquetes a la intemperie, pero con acceso a sombra según el tratamiento, y el alimento se ofreció en comederos individuales. En esos piquetes los animales tenían acceso a agua a voluntad. Luego del parto las vacas se manejaron como un único lote hasta el día 56 posparto, con una dieta constituida por pastoreo de pradera de gramíneas y leguminosas (alfalfa, trébol blanco y festuca) manejada en franjas diarias, con una oferta de 30 kg MS/vaca/día (medida al ras del piso), y una RTM compuesta por ensilaje de maíz y concentrado comercial, para lograr una producción de leche mayor a 30 litros (NRC, 2001).

Cuadro 1. Ingredientes utilizados en las raciones totalmente mezcladas (RTM) y composición química de los alimentos suministradas a los animales durante el experimento.

| | RTM preparto | RTM posparto | Pastura ³ |
|--|--------------|--------------|----------------------|
| Ingredientes (% de MS) | | | |
| Ensilaje maíz | 76,8 | 49,5 | - |
| Grano húmedo maíz | - | 29,5 | - |
| Afrechillo trigo | 8,30 | - | - |
| Harina soja | 11,2 | 18,4 | - |
| Urea | 0,90 | - | - |
| Premezcla ¹ | 2,80 | 2,70 | - |
| Composición química² | | | |
| MS | 31,1 | 41,7 | 15,4 |
| MO | 92,8 | 94,1 | 90,2 |
| PC | 14,7 | 14,3 | 22,7 |
| EE | 1,40 | 1,50 | 2,20 |
| FDN | 45,8 | 36,9 | 37,2 |
| FDA | 33,4 | 21,5 | 30,0 |
| LDA | 2,60 | 2,80 | 5,10 |
| CNF | 33,0 | 44,5 | 34,5 |
| NIDN | 2,10 | 3,10 | 6,40 |
| NIDA | 0,70 | 1,10 | 1,60 |
| ENL | 1,54 | 1,58 | 1,55 |

¹Aportando minerales, vitaminas y monensina; ²Todos los datos expresados como % de MS, excepto MS (%) y ENL (Mcal/kg MS). MS: materia seca, MO: materia orgánica, PC: proteína cruda, EE: extracto etéreo, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, LDA: lignina detergente ácido, CNF: carbohidratos no fibrosos, NIDN: nitrógeno insoluble en detergente neutro, NIDA: nitrógeno insoluble en detergente ácido, ENL: energía neta para lactación; ³ Cortada a 5 cm de altura, promedio de cuatro pasturas diferentes.

Los animales fueron ordeñados dos veces por día (0600 y 1600 h). Entre el ordeño AM y PM a los animales se les ofreció la RTM, y luego del ordeño PM fueron conducidos a la pastura hasta el ordeño AM. En todo momento, tanto en el pre como posparto, los animales tuvieron acceso a agua a voluntad.

7.2. Mediciones

Esta tesis forma parte de un trabajo más amplio donde se realizaron diversas mediciones a nivel del animal como forma de entender los mecanismos a través de los cuales el nivel de alimentación preparto puede incidir sobre el desempeño de los

animales, tanto en el pre- como posparto. En esta tesis se reportarán específicamente los resultados obtenidos en cuanto a peso vivo, condición corporal, y reinicio de la actividad luteal posparto. Sin embargo, como se hará referencia a resultados obtenidos en otras partes de este trabajo, se deja constancia que también se hicieron mediciones en el pre- y posparto a nivel del: a) consumo de nutrientes, b) producción y composición (grasa, proteína, caseína total, lactosa, nitrógeno ureico) de la leche, c) balance de energía neta para lactancia y proteína metabolizable, d) perfil de metabolitos (AGNE, BHB, colesterol, glucosa, urea) y hormonas (IGF-I, insulina) en sangre. El detalle de las determinaciones se explica en Basantes (2015).

7.2.1. Peso vivo y condición corporal

Se realizaron mediciones de PV y CC las semanas -3, -2, -1, 0, 1, 2, 4, 6, 8 (parto = 0) a cada vaca. El PV se midió con una balanza de barras con lector digital, y la CC fue determinada por un mismo observador utilizando el método de Edmonson y col. (1989), siempre en la mañana, antes del acceso al alimento.

7.2.2. Reinicio de la actividad luteal

El momento de la primera ovulación posparto se determinó a partir de la medición de la concentración de progesterona en leche. Para ello, se tomaron 3 muestras semanales de leche, a partir del día 8 posparto hasta el final del experimento, en frascos conteniendo azida de sodio como conservante, en el ordeño de la tarde, obteniendo la leche del mismo pezón (anterior derecho) para todas las vacas.

Las muestras de leche obtenidas para la determinación de P4 se mantuvieron refrigeradas a 4°C durante no más de 1 semana; posteriormente se centrifugaron a 4°C (3000 g por 15 minutos) y se tomaron muestras del suero, que fueron analizadas por radioinmunoensayo con la utilización un kit comercial (Coat-A-Count kit, Siemens Healthcare Diagnostics Inc; Tarrytown, NY, USA) en el Laboratorio de Técnicas Nucleares de Facultad de Veterinaria (UdelaR). La sensibilidad del ensayo fue 0,1 ng/mL. Los coeficientes de variación intraensayo para los controles 1 (13,64 ng/mL) y 2 (16,86 ng/mL) fueron 4,93% y 7,31%, respectivamente.

El día de primera ovulación posparto se consideró como el primer día de dos mediciones consecutivas con una concentración de P4 en leche mayor a 3 ng/mL (Cavestany y col., 2001). Adicionalmente, con los resultados obtenidos se determinó la proporción de vacas que ovularon durante el experimento, y para aquellas vacas que ovularon, el intervalo entre el parto y el momento de la primera ovulación.

7.3. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se usó el software del SAS (versión 9.1). Los datos se analizaron separadamente para el pre y posparto.

Las variables continuas con varias mediciones realizadas durante el experimento (PV y CC) se analizaron como medidas repetidas en el tiempo, con un modelo lineal mixto

que incluyó los efectos fijos del tratamiento, la semana y su interacción, y el efecto aleatorio del bloque. En este caso, se usaron distintas estructuras de covarianza [AR(1) o SP(POW)] dependiendo del espaciamiento temporal entre las mediciones. Cuando estuvieron disponibles, se incluyeron covariables correspondientes a cada variable (día -21), que permanecieron en el modelo cuando fueron significativas.

La probabilidad de que una vaca ovulara durante el período experimental fue analizada con un modelo lineal generalizado, asumiendo una distribución binomial, incluyendo el efecto del tratamiento y del bloque. El intervalo parto a primera ovulación fue analizado con un modelo lineal mixto que incluyó el efecto fijo del tratamiento y el efecto aleatorio del bloque.

Una vaca (Nº 8037) del tratamiento T3 murió durante el parto por causas no relacionadas con el experimento, y por ese motivo sus datos no fueron incluidos en ningún análisis. Se detectó un solo caso de metritis, que ocurrió en la vaca Nº 9106 del tratamiento T2, y en este caso la información de dicho animal no fue considerada en el análisis de las variables reproductivas.

Como análisis adicional, a posteriori se agruparon los animales en dos categorías, según se hubiera detectado ovulación o no durante el período experimental, que se consideró como variable de clasificación, mientras que una selección de variables productivas y metabólicas fueron usadas como variables de respuesta, a los efectos de caracterizar a ambos grupos (Cuadro 5). Los datos fueron analizados con un modelo lineal mixto, que incluyó como efecto fijo al grupo (con o sin presencia de cuerpo lúteo en el período experimental).

Todas las medias se compararon con el test de Tukey, considerando un nivel de significancia cuando $P \leq 0,05$, y de tendencia cuando $0,05 < P \leq 0,10$.

Cuadro 2. Lista de variables empleadas para describir los grupos de animales según si ovularon o no durante el período experimental.

| Variable | Fecha o período seleccionado (parto = 0) ¹ |
|---------------|---|
| Consumo ENL | -1, 2, 8 |
| Δ Consumo ENL | 2 a 8 |
| BENL | -1, 2, 8 |
| Δ BENL | 2 a 8 |
| Leche | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 |
| Δ Leche | 2 a 3, 2 a 4, 2 a 5, 2 a 6, 2 a 7, 2 a 8 |
| LCG | 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 |
| Δ LCG | 2 a 3, 2 a 4, 2 a 5, 2 a 6, 2 a 7, 2 a 8 |
| CC | -2, -1, 0, 1, 2, 4, 6 |
| Δ CC | 0 a 2, 0 a 4, -2 a 2, 2 a 6 |
| NEFA | -1, 0, 1, 2, 4 |
| Δ NEFA | -1 a 0, -1 a 1, -1 a 2, 0 a 1, 0 a 2 |
| BHB | -1, 0, 1, 2, 4 |
| Δ BHB | -1 a 0, -1 a 1, -1 a 2, 0 a 1, 0 a 2 |
| Glucosa | -1, 1, 2, 4 |
| Δ Glucosa | -1 a 1, -1 a 2 |
| Urea | -1, 1, 2, 4 |
| Δ Urea | -1 a 1, -1 a 2 |
| Insulina | -1, 0, 1, 2, 4 |
| Δ Insulina | -1 a 1, -1 a 2 |
| Colesterol | -1, 0, 1, 2, 4 |
| Δ Colesterol | -1 a 0, -1 a 1, -1 a 2, 0 a 1, 0 a 2 |
| IGF-1 | -1, 2, 4 |
| Δ IGF-1 | -1 a 2, 2 a 4 |

¹Las variables corresponden al valor que toman para cada animal en las semanas puntuales indicadas, o bien entre las semanas señaladas, en cuyo caso la variable se antecede con el símbolo “Δ”. Por ejemplo, Δ2 a 5 significa que la variable considerada es la diferencia entre el valor que toma la variable en la semana 5 respecto a la 2; ENL: energía neta para lactación; BENL: balance de energía neta para lactación; LCG: leche corregida por grasa; CC: condición corporal; NEFA: ácidos grasos no esterificados; BHB: beta hidroxibutirato; IGF-1: factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1

8. RESULTADOS

8.1. Evolución del peso vivo y condición corporal

Las vacas T80 tuvieron un menor PV durante el parto ($P < 0,05$) en comparación con las vacas del T100 y T120, no mostrando diferencias entre éstos últimos dos tratamientos (Cuadro 3). Durante el posparto, no existieron diferencias significativas en el PV entre los distintos grupos ($P > 0,05$).

La CC durante el parto fue menor en T80 frente a T100 y T120 ($P < 0,05$). En cambio, en el posparto no hubo diferencias significativas entre grupos ($P > 0,05$) (Cuadro 3; Figura 1).

Cuadro 3. Efecto del nivel de oferta de alimento para cubrir el 80 (T80), 100 (T100) o 120% (T120) de los requerimientos de energía neta para lactación y proteína metabolizable en las últimas 3 semanas preparto, sobre peso vivo y condición corporal (CC) en pre y posparto.

| | TRATAMIENTOS | | | EEM ¹ | VALOR DE P ² | | |
|-----------------|--------------|---------|---------|------------------|-------------------------|--------|----------|
| | T80 | T100 | T120 | | Trat | Sem | TratxSem |
| PREPARTO | | | | | | | |
| Peso (kg) | 558,6 b | 573,7 a | 578,3 a | 4,80 | 0,015 | <0,001 | 0,28 |
| CC ³ | 3,09 b | 3,22 a | 3,24 a | 0,04 | 0,014 | <0,001 | 0,34 |
| POSPARTO | | | | | | | |
| Peso (kg) | 500,1 | 518,3 | 495,9 | 15,1 | 0,50 | <0,001 | 0,62 |
| CC | 2,90 | 2,91 | 2,90 | 0,04 | 0,97 | <0,001 | 0,33 |

En cada fila, letras diferentes entre medias son diferentes (a, b, c: $P < 0,05$; x, y: $0,05 < P < 0,10$).

¹Error estándar de la media

²Efecto del tratamiento (Trat), semana (sem) o la interacción.

³CC: condición corporal (escala de 1 a 5).

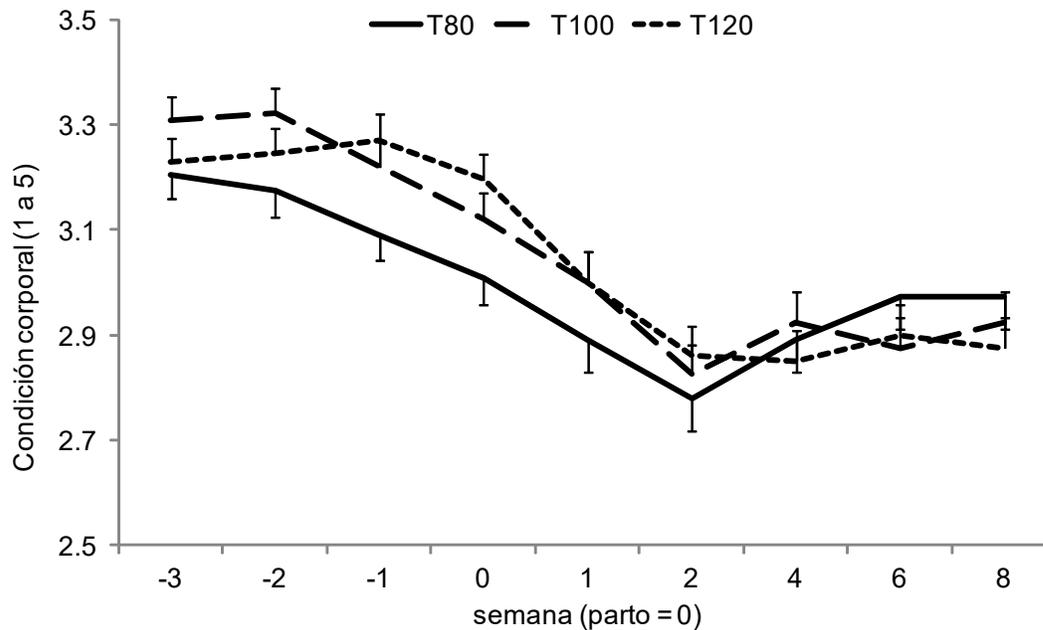


Figura 1. Efecto del nivel de oferta de alimento suficiente para cubrir el 80 (T80), 100 (T100) o 120 % (T120) de los requerimientos de energía neta en lactación y proteína metabolizable en las últimas 3 semanas preparto, sobre la evolución de la condición corporal de vacas lecheras durante el pre y posparto.

8.2. Reinicio de la actividad ovárica posparto

Como se observa en el cuadro 4, no hubo efecto de los tratamientos para la probabilidad de ovular ni para el IPOV ($P > 0,05$).

Cuadro 4. Efecto del nivel de oferta de alimento suficiente para cubrir el 80 (T80), 100 (T100) o 120 % (T120) de los requerimientos de energía neta en lactación y proteína metabolizable en las últimas 3 semanas preparto, sobre la probabilidad de ovular e intervalo parto - primera ovulación en posparto.

| | TRATAMIENTOS | | | EEM ¹ | VALOR DE P ² |
|---------------------------------------|--------------|------|------|------------------|-------------------------|
| | T80 | T100 | T120 | | Trat |
| Nº de vacas que ovularon ³ | 6/10 | 6/9 | 6/9 | - | - |
| Probabilidad de ovular | 0,60 | 0,67 | 0,67 | - ⁴ | 0,969 |
| IPOV, días | 42,4 | 36,1 | 39,9 | 3,50 | 0,457 |

¹ error estándar de la media; ² Efecto del tratamiento; ³ número de vacas que ovularon por tratamiento; ⁴ Intervalo de confianza (95%) para T80, T100 y T120 fue: [0,24, 0,87], [0,27, 0,91], [0,27, 0,91], respectivamente.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de cuando se combinó la información de todos los animales, agrupándose según si las vacas ovularon o no durante el período experimental (cuadro 5).

Cuadro 5. Características productivas y metabólicas de los animales según si ovularon o no durante el período experimental. Solo se presentan las variables indicadas que resultaron significativas ($P \leq 0,05$) o que presentaron una tendencia ($0,05 < P \leq 0,10$).

| Variables ² | NO | | EEM ¹ | VALOR DE P |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------|
| | OVULARON | OVULARON | | |
| LCG, +2 | 30,7 ^a | 24,9 ^b | 1,91 | 0,045 |
| LCG, +4 | 30,3 ^x | 26,5 ^y | 1,42 | 0,070 |
| Leche, +1 | 24,9 ^x | 21,4 ^y | 1,31 | 0,070 |
| Leche, +2 | 27,2 ^a | 22,6 ^b | 1,44 | 0,033 |
| Leche, +3 | 28,6 ^x | 25 ^y | 1,33 | 0,069 |
| Var ³ leche entre 1 y 7 | 4,75 ^y | 8,13 ^x | 1,35 | 0,089 |
| CC, +1 | 3,01 ^a | 2,88 ^b | 0,04 | 0,027 |
| CC, +2 | 2,89 ^a | 2,7 ^b | 0,06 | 0,023 |
| CC, +4 | 2,93 ^a | 2,8 ^b | 0,04 | 0,035 |
| BHB, +4 | 0,51 ^a | 0,29 ^b | 0,05 | 0,004 |
| Var BHB entre -1 a 0 | 0,06 ^y | 0,15 ^x | 0,033 | 0,072 |
| Glucosa, +4 | 62,9 ^a | 52,3 ^b | 3,7 | 0,033 |
| Urea, +4 | 77,5 ^x | 67,6 ^y | 3,5 | 0,061 |
| Insulina, +2 | 7,11 ^a | 5,33 ^b | 0,56 | 0,036 |
| Insulina, +4 | 6,9 ^x | 5,55 ^y | 0,4 | 0,052 |
| Var insulina entre -1 a 2 | -0,61 ^x | -2,86 ^y | 0,8 | 0,079 |
| Consumo ENL, +2 | 26,3 | 22,8 | 1,55 | 0,100 |
| Balance ENL, -1 | 1,2 | 0,12 | 0,96 | 0,438 |
| IGF-1, -1 | 85,8 ^x | 62,5 ^y | 8,5 | 0,066 |
| IGF-1, +2 | 40,1 ^a | 24,3 ^b | 4,1 | 0,014 |
| IGF-1, +4 | 44,7 ^x | 32 ^y | 4,7 | 0,072 |

En cada fila, letras diferentes entre medias son diferentes (a, b, c: $P < 0,05$; x, y: $0,05 < P < 0,10$).

¹ error estándar de la media.

²Luego del parto, el número indica la semana de medición, siendo el parto = 0. LCG: leche corregida por grasa; CC: condición corporal (escala de 1 a 5); BHB: betahidroxibutirato; IGF-1: factor de crecimiento insulínico tipo 1.

³Diferencia entre los valores medidos para las semanas indicadas. Por ejemplo, Var leche entre 1 y 7 indica la diferencia en producción de leche entre la semana 1 y 7.

Se observó que las vacas que sí ovularon presentaron una mejor CC en las semanas, 1, 2 y 4 posparto, respecto a las que no ovularon. Del mismo modo, las vacas que sí ovularon tuvieron o tendieron a tener una mayor producción de leche o LCG, respecto a las que no ovularon, en las semanas 1, 2, 3 y 4 posparto.

La concentración sanguínea de glucosa durante la semana 4 posparto, y la de insulina en la semana 2 y 4 posparto, fue mayor en las vacas que ovularon respecto a las que no lo hicieron, mientras que la de IGF-1 fue mayor en las vacas que sí ovularon en la semana 1 preparto, y en las semanas 2 y 4 posparto. El consumo de ENL durante la semana 2 posparto tendió a ser mayor en las vacas que sí ovularon respecto a las que no lo hicieron.

9. DISCUSIÓN

A pesar del breve período en que se aplicaron los tratamientos (3 semanas), el PV y la CC de las vacas fue menor en T80 respecto a T100 y T120 durante el parto. Estos resultados son consistentes con la menor oferta de nutrientes en T80 respecto a los demás, que no se diferenciaron entre sí. Al momento del parto, todos los tratamientos tenían valores de CC de entre 3,0 y 3,3, lo que está dentro de lo recomendado por Roche y col. (2009). Sin embargo, luego del parto no hubo efecto de los tratamientos sobre el PV o la CC. Considerando que la CC es una variable que refleja el estado energético de una vaca lechera (NRC, 2001), entonces la falta de efecto de los tratamientos sobre la misma durante el posparto sugiere que los animales de los distintos tratamientos se encontraban en un balance de energía similar en este período. Otros autores tampoco encontraron un efecto residual del plano de alimentación aplicado por un corto período durante el parto (3-4 semanas) sobre la CC posparto (Keady et al., 2001; McNamara et al., 2003).

A su vez, todos los tratamientos presentaron una pérdida de CC desde una o dos semanas antes del parto hasta la segunda semana posparto, y de ahí en adelante se mantuvieron estables. Este comportamiento es esperable para vacas de alta producción en el período de transición (Cavestany y col, 2009 a,b), en la medida que la movilización de reservas corporales es una de las estrategias que utiliza la vaca para hacer frente a los elevados requerimientos de nutrientes, en un momento en el cual su capacidad de consumo está limitada (Meikle y col, 2013).

La hipótesis de que los cambios en el nivel de nutrientes ofrecidos en vacas lecheras preparto afectarían el posterior desempeño reproductivo fue rechazada. En efecto, no se observó efecto del tratamiento sobre la cantidad de animales que ovularon durante el experimento, ni sobre la longitud del IPOV en aquellos que ovularon. Dichos resultados son diferentes a los obtenidos por Cavestany et al (2009b), donde observaron que vacas multíparas suplementadas con altos niveles de energía (3.5kg/día de grano de maíz partido) durante tres semanas previas al parto tuvieron un IPOV más corto en comparación con animales que se manejaron con un plano más bajo de alimentación. Los autores observaron que el BEN más acentuado en vacas con bajo plano alimenticio se vio reflejado en menores concentraciones de IGF-1 en este grupo, y propusieron que la menor concentración de esta hormona sería la principal explicación del IPOV más largo en esos animales. En efecto, la IGF-1 estimula la proliferación y la capacidad de síntesis de E2 por parte de las células de la teca y de la granulosa del folículo en crecimiento (Spicer y Stewart, 1996). La falta de efecto de los tratamientos sobre la concentración posparto de IGF-1 observada en el presente experimento (datos no presentados) sería entonces coincidente con la falta de efecto de estos sobre el IPOV.

Otros estudios que evaluaron los efectos de una alimentación diferencial en vacas lecheras en el parto tampoco observaron balances energéticos distintos entre tratamientos, sin diferencias en el intervalo parto y primer celo o la concepción (McNamara y col., 2003) o la fertilidad posparto (Keady y col., 2001). Sin embargo, Chagas y col. (2006) sí observaron que una mayor oferta de pastura preparto redujo la longitud del anestro posparto, aunque los autores no pudieron identificar claramente el

mecanismo endócrino que explicara este resultado. Es posible que las diferencias entre estudios (incluido el presente trabajo) con respecto a esta variable se deba a la magnitud de las diferencias en la cantidad de nutrientes ofrecida en el parto. Por ejemplo, en el trabajo de Cavestany y col. (2009b) ambos grupos de vacas en el parto pastorearon campo natural, pero mientras que el tratamiento con bajo plano de alimentación fue suplementado con 5,2 kg MS/vaca de ensilaje de trigo, el tratamiento con alto plano de alimentación fue suplementado con 4,7 kg MS/vaca de ensilaje de maíz y 3,6 kg MS/vaca de grano de maíz. Si bien no se reportó el consumo de energía en cada tratamiento, la descripción de los tratamientos sugiere que las diferencias en esta variable fueron mayores que las encontradas en la presente tesis. Además, es posible que diferencias en el perfil de nutrientes aportado en cada dieta del trabajo de Cavestany y col. (2009) (ej. más almidón en el tratamiento con alto plano de alimentación) explique parte de las diferencias respecto a esta tesis. También es posible que el bajo número de animales por tratamiento haya evitado que se observaran diferencias estadísticamente significativas.

La longitud del anestro postparto fue comparable a la reportada en otros trabajos realizados en condiciones pastoriles, como el de Cavestany y col. (2001), que reportó que la AOPP se reinició a los 35 días postparto en vacas adultas y de primer parto, sin diferencias entre paridad. Sin embargo, es más prolongado que el reportado por Morales y col. (2018), quienes, si bien tampoco observaron un efecto de la paridad en esta variable, reportaron valores de 25 días. Estas diferencias podrían ser explicadas por el potencial de producción de los animales y/o el nivel de alimentación postparto utilizado en cada uno de estos experimentos.

Al combinar y comparar información de todos los animales, se observó que las vacas que ovularon durante el experimento produjeron mayor cantidad de LCG (leche corregida por grasa al 3,5%) en las primeras semanas de lactancia. Sin embargo, si bien no hubo diferencias significativas en el BEN entre ambos grupos, los mayores valores de CC en el grupo de vacas que sí ovuló sugiere que esos animales, a pesar de haber producido mayor cantidad de LCG, habrían tenido un BEN menos severo que las que no ovularon, posiblemente porque tendieron a consumir más energía en el parto. Esto coincidiría con lo reportado por Staples y col. (1990), quienes también agruparon vacas lecheras según si habían ovulado o no en el parto temprano, y observaron que las vacas que ovularon produjeron más leche, tuvieron un mayor consumo MS, lo que resultó en un BEN menos intenso en comparación con las que no ovularon. Contrariamente, Harrison y col. (1990) reportaron que vacas de alta producción tuvieron un intervalo parto al primer celo mayor en comparación con vacas de menor nivel de producción. Sin embargo, en el trabajo de Harrison y col. (1990) las vacas de alta producción tuvieron un consumo similar a las de baja producción en las primeras semanas postparto, con lo cual la severidad del BEN fue mayor en las primeras. Estos resultados apoyan la idea de que el grado de BEN en la lactancia temprana es el desencadenante de la ovulación postparto (Butler, 2000), y que este balance depende más de la capacidad de consumo del animal que de su nivel de productividad (Grummer y Rastani, 2003).

Las mayores concentraciones sanguíneas posparto de IGF-1, insulina, glucosa, así como la menor tasa de aumento de BHB entre el pre y posparto, en las vacas que ovularon respecto a las que no lo hicieron, apoyan la idea de que aquellos animales se encontraban en un mejor estado energético, lo que de acuerdo a la teoría de Butler (2000), habría promovido una primera ovulación posparto más temprana. La mayor CC se vio en vacas que ovularon durante el experimento y a su vez presentaron mayor concentración de glucosa, insulina e IGF-1, así como un menor aumento de BHB en la semana -1 y el parto en comparación con las que no ovularon. En efecto, el IGF-1 tiene efectos directos sobre el ovario, regulando la producción de E2 en los folículos dominantes (Spicer y Stewart, 1996) y su concentración se encuentra disminuida en el posparto temprano (Meikle y col., 2013). Esta disminución se debería al BEN, durante el cual disminuiría la cantidad de receptores hepáticos a la GH mediado por una disminución en la concentración de insulina (Meikle y col., 2013). La insulina también aumenta la producción de E2 por el folículo dominante de la primera onda posparto independientemente de la concentración de IGF-1, y estimula la expresión de los receptores hepáticos a la GH para recomponer la síntesis de IGF-1 (Butler et al., 2004). La glucosa a su vez es el principal sustrato energético para el crecimiento del folículo (Rabiee et al., 1999), y por tanto es de esperar que una mayor concentración sanguínea de glucosa aumente la posibilidad de dicho folículo de ovular. En definitiva, los resultados sugieren que las vacas que presentan mejor estado energético en el posparto temprano ovulan más tempranamente luego del parto.

10. CONCLUSIONES

A partir de los datos obtenidos del presente experimento, se puede concluir que los diferentes niveles de alimentación en las últimas 3 semanas antes de la fecha prevista de parto no presentan efecto significativo sobre la probabilidad de ovular ni sobre el IPOV.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Basantes S (2015) Efecto del nivel de alimentación en el parto sobre el consumo, la producción, el metabolismo y la longitud del anestro de vacas lecheras en un sistema pastoril. Tesis de maestría. Facultad de Veterinaria, Universidad de la República. Uruguay. 59 p.
2. Bell A (1995) Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J Anim Sci*; 73:2804–2819.
3. Beam SW, Butler WR (1997) Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three concentrations of dietary fat. *Biol Reprod*; 56:133–142.
4. Beam SW, Butler WR (1999) Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cow. *J Reprod Fert Suppl*; 54:411–424.
5. Bruinjé TC, Colazo MG, Gobikrushanth M, Ambrose DJ (2017) Relationships among early postpartum luteal activity, parity, and insemination outcomes based on in-line milk progesterone profiles in Canadian Holstein cows. *Theriogenology*; 100:32–41.
6. Bulman DC, Lamming GE (1978) Milk progesterone levels in relation to conception, repeat breeding and factors influencing acyclicity in dairy cows. *J Reprod Fert* 54:447-458.
7. Butler ST, Pelton SH, Butler WR (2004) Insulin increases 17 β -estradiol production by the dominant follicle of the first postpartum follicle wave in dairy cows. *Reproduction*; 127:537-545.
8. Butler WR (2000) Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Reprod Sci*; 60:449–457.
9. Butler WR, Everett RW, Coppock CE (1981) The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *J Anim Sci*; 53:742–748.
10. Cavestany D, Blanc JE, Kulcsár M, Uriarte G, Chilibroste P, Meikle A, Febel H, Ferraris A, Krall E (2005) Studies of the transition cow under a pasture-based milk production system: metabolic profiles. *J Vet Med A*; 52:1–7.
11. Cavestany D, Galina CS, Viñoles C (2001) Efecto de las características del reinicio de la actividad ovárica posparto en la eficiencia reproductiva de vacas Holstein en pastoreo. *Arch Med Vet (Chile)*; 33:217–226.
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, Crowe MA, La Manna A, Mendoza A (2009b) Effect of prepartum diet on postpartum ovarian activity in Holstein cows in pasture-based dairy system. *Anim Reprod Sci*; 114:1–13.
 14. Chagas LM, Rhodes FM, Blache D, Gore PJS, Macdonald KA, Verkerk GA, (2006) Pre-calving effects on metabolic responses and postpartum anestrus in grazing primiparous dairy cows. *J Dairy Sci*; 89:1981–1989.
 15. Chilibroste P (2012) Estrategias de alimentación en sistemas de producción de leche de base pastoril. Nota técnica. *Cangüé (Uruguay)*; 32:2-8.
 16. Chilliard Y, Bonnet M, Delavaud C, Faulconnier Y, Leroux C, Djiane J, Bocquier F (2001) Leptin in ruminants. Gene expression in adipose tissue and mammary gland, and regulation of plasma concentration. *Dom Anim Endocrinol*; 21:271–295.
 17. Darwash AO, Lamming GE (1997) Abnormal ovarian patterns as a cause of subfertility in dairy cows: protocols for early detection and treatment. *Cattle Prac*; 5:3–7.
 18. Delavaud C, Ferlay A, Faulconnier Y, Bocquier F, Kann G, Chilliard Y (2002) Plasma leptin concentration in adult cattle: effects of breed, adiposity, feeding level and meal intake. *J Anim Sci*; 80:1317–1328.
 19. DIEA (2014) Anuario Estadístico Agropecuario 2014. MGAP (Uruguay).
 20. Drackley JK (1999) Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *J Dairy Sci*; 82:2259–2273.
 21. Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G (1989) A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci*; 72 (1): 68-78.
 22. Galvão KN, Frajblat M, Butler WR, Brittin SB, Guard, CL, Gilbert RO (2010) Effect of early postpartum ovulation on fertility in dairy cows. *Reprod Dom Anim*; 45:207-211.
 23. Garverick HA, Lucy MC (2011) Estrous Cycles: Postpartum Cyclicity. En: Fuquay JW, Fox PF, McSweeney P (Eds.) *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2nd ed., Londres, Elsevier, pp 434 – 439.
 24. Grummer RR (1995) Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J Anim Sci*; 73:2820–2833.

25. Grummer RR, Rastani RR (2003) Review: when should lactating dairy cows reach positive energy balance? *Prof Anim Sci*; 19:197-203.
26. Harrison RO, Ford SP, Young JW, Conely AJ, Freeman AE (1990) Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. *J Dairy Sci*; 73:2749–2758.
27. Holtenius K, Agenäs S, Delavaud C, Chilliard Y (2003) Effects of feeding intensity during the dry period. 2. Metabolic and hormonal responses. *J Dairy Sci*; 86:883–891.
28. Keady TWJ, Mayne CS, Fitzpatrick DA, McCoy MA (2001) Effect of concentrate feed level in late gestation on subsequent milk yield, milk composition, and fertility of dairy cows. *J Dairy Sci*; 84:1468–1479.
29. Kobayashi Y, Boyd CK, Bracken CJ, Lamberson WR, Keisler DH, Lucy MC (1999) Reduced growth hormone receptor (GHR) messenger ribonucleic acid in liver of periparturient cattle is caused by a specific down-regulation of GHR 1A that is associated with decreased insulin-like growth factor I. *Endocrinology*; 140:3947-3954.
30. Kolver ES, Müller LD (1998) Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or total mixed ration. *J Dairy Sci*; 81:1403–1411.
31. Kunz PL, Blum JW, Hart IC, Bickell H, Landis J (1985) Effects of different energy intakes before and after calving on food intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. *Anim Prod*; 40: 219-232.
32. Lamming GE, Darwash AO (1998) The use of milk progesterone profiles to characterise components of subfertility in milked dairy cows. *Anim Reprod Sci*; 52:175-190.
33. Lucy MC (2001) Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *J Dairy Sci*; 84:1277–1285.
34. Lucy MC (2003) Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reproduction (suppl 61)*: 415-427.
35. McNamara S, O'Mara FP, Rath M, Murphy JJ (2003) Effects of different transition diets on dry matter intake, milk production and milk composition in dairy cows *J Dairy Sci*; 86:2397–2408.
36. Meikle A, Cavestany D, Carriquiry M, Adrien ML, Artegoitia V, Pereira I, Ruprecht G, Pessina P, Rama G, Fernandez 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, Chilibroste 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.
37. Meikle A, Kulcsar M, Chilliard Y, Febel H, Delavaud C, Cavestany D, Chilbroste P (2004) Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. *Reproduction*; 127:727-737.
 38. Mihm M, Austin EJ (2002) The final stages of dominant follicle selection in cattle. *Domest Anim Endocrinol*; 23:155–166.
 39. Morales JT, Fariña SR, Mendoza A (2018) Effects of parity on productive, metabolic and hormonal responses of Holstein cows. *Anim Reprod Sci*; 191:9-21.
 40. NRC. National Research Council (2001) Nutrient requirements of dairy cattle. 7th revised edition. Washington D.C., National Academy Press, 381 p.
 41. Overton TR, Waldron MR (2004) Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health. *J Dairy Sci*; 87 (E. Suppl.): E105 – E 119.
 42. Peter AT, Vos PLAM, Ambrose DJ (2009) Postpartum anestrus in dairy cattle. *Theriogenology*; 71: 1333-1432.
 43. Rabiee AR, Lean IJ, Gooden JM, and Miller BG (1999) Relationships among metabolites influencing ovarian function in the dairy cow. *J Dairy Sci*; 82: 39-44.
 44. Roche JF, Mackey D, Diskin MD. (2000) Reproductive management of postpartum cows. *Anim Reprod Sci*; 60-61:703-712.
 45. Roche JR, Friggens NC, Kay JK, Fisher MW, Stafford KJ, Berry DP (2009) Invited review: body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J Dairy Sci*; 92:5769–5801.
 46. Royal MD, Flint APF, Woolliams JA (2002) Genetic and phenotypic relationships among endocrine and traditional fertility traits and production traits on Holstein – Fresian dairy cows. *J Dairy Sci*; 85:958 – 967.
 47. Spicer LJ, Stewart RE (1996) Interactions among basic fibroblast growth factor, epidermal growth factor, insulin, and insulin-like growth factor-I (IGF-I) on cell numbers and steroidogenesis of bovine thecal cells: role of IGF-I receptors. *Biol Reprod*; 54:255–263.
 48. Staples CR, Thatcher WW, Clark JH (1990) Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J Dairy Sci*; 73:938–947.
 49. Thatcher WW, Wilcox CJ (1973) Postpartum estrus as an indicator of reproductive status in dairy cattle. *J Dairy Sci*; 56:608-610.

50. Williams GL, Gazal OS, Guzman Vega GA, Stanko RL (1996) Mechanisms regulating suckling-mediated anovulation in the cow. *Anim Reprod Sci*; 42:289-297.