



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

Programa de Posgrado

VACAS HOLSTEIN URUGUAYO Y CRUZA HOLSTEIN

FRISIAN NEOCELANDES EN UN SISTEMA

PASTORIL:

Desempeño Productivo y Reproductivo

Parámetros Endócrinos y Metabólicos

Isabel Pereira Lorenzo

TESIS DE MAESTRIA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

URUGUAY

2010



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

Programa de Posgrado

**VACAS HOLSTEIN URUGUAYO Y CRUZA HOLSTEIN
FRISIAN NEOCELANDES EN UN SISTEMA PASTORIL:**

Desempeño Productivo y Reproductivo

Parámetros Endócrinos y Metabólicos

Isabel Pereira Lorenzo

Dra. Ana Meikle
Directora de Tesis

Ing. Agr. Mariana Carriquiry.
Co-directora

2010

INTEGRACIÓN DEL TRIBUNAL DE

DEFENSA DE TESIS

Julián Bartolomé. MS PhD
Facultad de Ciencias Veterinarias
Universidad de La Pampa
Argentina

Pablo Chilibroste. Ing. Agr. PhD
Facultad de Agronomía
Universidad de la República
Uruguay

Elsa Garófalo. Ing. Quím. PhD
Facultad de Veterinaria
Universidad de la República
Uruguay

2010



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY

FACULTAD DE VETERINARIA
Programa de Posgrados
ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS
DE MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**“Vacas Holstein Uruguayo y cruce Holstein Frisian
Neocelandés en pastoreo en un sistema lechero comercial:
Desempeño productivo y reproductivo
Parámetros endocrinos y metabólicos”**

Por: Dra. Isabel Pereira Lorenzo

Directora de tesis: Dra. Ana Meikle

Co-directora de tesis: Dra. Mariana Carriquiry

Tribunal

Presidenta: Dra. Elsa Garófalo

Segundo Miembro: Dr. Pablo Chilibroste

Tercer Miembro: Dr. Julián Bartolome

Fallo del Tribunal:

Aprobada con Mención

Montevideo, 3 de setiembre de 2010



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA
Postgrados Académicos y Especializaciones



La tesis defendida por la Dra. Isabel Pereira es calificada como Excelente, trata una temática relevante en relación a parámetros productivos, reproductivos, endócrinos y metabólicos de vacas lecheras de dos líneas genéticas.

La exposición del trabajo, fue concisa, clara, con buena metodología científica y buena interpretación de los resultados y su significación.

La Dra. Pereira respondió con conocimiento y solvencia a las preguntas planteadas por los integrantes del Tribunal.

Por las razones expuestas, se trata de una tesis excelente que aporta conocimiento original de interés nacional e internacional.


Dra. Elsa Garófalo
Presidenta del Tribunal

AGRADECIMIENTOS

Esta resulta una oportunidad para agradecer públicamente a aquellos que durante nuestro paso por la Facultad de Veterinaria, hace ya muchos años, nos hicieron creer que nuestros sueños colectivos de cambio de ésta eran posibles. Algunos de ellos ya no están como el Dr. Marcos Podestá y García Moreira. También al Dr. Pedro Castrillón, al Dr. Felipe Goiriena y a mis compañeros de vida de Plapipa 82. Desde esos tiempos algunos comenzaron a pensar en la necesidad de maestrías en nuestra casa de estudios.

Capitalizando ese logro de nuestra Facultad, hoy en particular deseo agradecer a mis tutoras, Dra. Ana Meikle e Ing. Agr. Mariana Carriquiry por reafirmarme que el modo de aprender es haciendo, investigando y generando discusiones de intercambio. A Gretel, Paula y Andrea. Al Dr. Daniel Laborde quien permanentemente ha contribuido a repensar nuestros sistemas de producción y propuestas técnicas, con generosidad y compromiso personal. En particular quien generó la idea y asumió el esfuerzo de incursionar en la investigación en las líneas genéticas lecheras y en un sistema de producción “real”, su tambo. A la Dra. Bettina Carabajal, porque sabemos que está sosteniendo estos esfuerzos, además de crecer ella. A Maggie y Laura por el trabajo de campo realizado y a quienes agradezco haber conocido.

Finalmente a mi familia, a mis padres que aún están ahí, enseñándome con sus vidas a abrazar los problemas y utilizarlos como impulso para dar estos y otros saltos. Los que un día me regalaron esta frase: sueña lo que quieras soñar, ve donde quieras ir, se lo que quieras ser, ...Vive! A Ramón con quien comparto el respeto a la libertad y el desarrollo personal, y siempre está a mi lado, a Clara y Elisa, que me iluminan cada día y a quienes les pedí tiempo destinado a ellas para realizar este trabajo. A Luz, que cada día colabora con nosotros en las pequeñas cosas, sustituyéndome fundamentalmente en este último tramo. A aquellos productores con los que trabajo que me motivan a aprender, a intentar comprender realidades para plantear alternativas y a los que debo pedir disculpas por desviar mi atención hacia la ciencia. Sería muy extensa y siempre injusta la lista de agradecimientos, agradezco en general a todos los que me estimularon, creyeron en mi y compartieron esta experiencia.

INDICE DE CONTENIDOS

	Página
RESUMEN.....	iv
SUMMARY.....	v
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES ESPECIFICOS.....	3
a) Evolución y perspectivas de la lechería en Uruguay.....	3
b) El sistema de producción lechero uruguayo.....	4
c) La vaca lechera del rodeo nacional.....	5
d) Bases metabólicas de la vaca lechera de alta producción y el impacto en la reproducción.....	7
e) Objetivos de selección en Uruguay e introducción de genética neocelandesa.....	9
f) Estudios comparativos entre Holstein de origen americano y neocelandés.....	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
OBJETIVOS.....	14
MATERIALES Y METODOS.....	15
RESULTADOS.....	19
Producción de leche y composición.....	19
Peso vivo y estado corporal	21
Eficiencia energética.....	22
Concentraciones de hormonas y metabolitos.....	23
Parámetros reproductivos.....	26
DISCUSION.....	27
CONCLUSIONES.....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	32

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

	Página
Tabla I.....	16
Tabla II.....	21
Tabla III.....	26
Figura 1.....	20
Figura 2.....	22
Figura 3.....	23
Figura 4.....	25

RESUMEN

Se investigó el comportamiento productivo y reproductivo de vacas Holstein uruguayas (HU, n=18 y n=13 de dos y tres lactancias respectivamente) y vacas cruce HU x Holstein Frisón neocelandés (HU-HFNZ, n=18 y n=13 de dos y tres lactancias respectivamente) asignadas en binas en base al índice genético económico en la lactancia previa, condición corporal (EC) dos meses previo al parto y fecha de partos prevista. Se registró la producción y composición láctea cada 15 días en los primeros dos meses, y luego una vez al mes. Se tomaron muestras de leche dos veces por semana para la determinación de reinicio de la ciclicidad ovárica post-parto por progesterona. A un subgrupo de estos animales (n=26, 13 de cada tipo genético), se le extrajo muestras de sangre una vez por semana desde el día 40 pre-parto hasta el día 60 post-parto para la determinación de hormonas y de metabolitos. La producción acumulada de leche, grasa, proteína y sólidos totales (grasa + proteína) a 305 días de lactancia no fueron afectadas por la línea genética. Las vacas HU produjeron 0.5 ± 0.23 L/d más de leche que las HU-HFNZ en los primeros 240 días de lactancia. Los porcentajes de grasa y lactosa fueron mayores y los de proteína tendieron a ser mayores en las vacas HU-HFNZ que en las HU (3.72 ± 0.05 , 5.02 ± 0.02 y 3.31 ± 0.02 % vs. 3.44 ± 0.05 , 4.94 ± 0.02 y 3.27 ± 0.02 % respectivamente). Las vacas HU fueron 49 ± 3 kg más pesadas que las HU-HFNZ (569 vs. 520kg) y produjeron menos sólidos en leche por kg de peso metabólico. Las concentraciones de los ácidos grasos no esterificados y de β -hidroxibutirato aumentaron en torno al parto y fueron mayores en las vacas HU de tercera lactancia. La concentración de colesterol fue mayor en las vacas HU-HFNZ y descendió alrededor del parto. La concentración de proteína plasmática total descendió alrededor del parto y fue menor en las vacas HU-HFNZ. Las concentraciones de proteína más bajas a lo largo de toda la lactancia fueron de las vacas HU-NZHF de segunda lactancia. Por otro lado, la concentración de albúmina fue mayor en las HU-NZHF que en las HU de tercera lactancia. La concentración de urea fue semejante entre líneas genéticas, descendió hacia el parto y no retornó a los niveles pre-parto durante el experimento. La concentración de insulina no se vio afectada por la línea genética ni por la paridad y disminuyó alrededor del parto. El descenso en las concentraciones del factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 (IGF-1) fue más marcado que en la insulina y además se encontró una interacción entre la línea genética y las observaciones efectuadas: las vacas HU-HFNZ presentaron mayores concentraciones de IGF-1 a los 35 días pre-parto, y similares concentraciones al parto que las HU, sugiriendo un desacople del eje somatotrófico mayor. El porcentaje de preñez a los primeros 40 días de servicio fue mayor (61 vs 35 %) y la preñez general tendió a ser mayor en las vacas HU-HFNZ que en las HU (87 vs. 71 %). En este trabajo se encontró que las vacas HU-HFNZ produjeron más sólidos por kilo metabólico y presentaron mejor desempeño reproductivo. Los perfiles metabólicos sugieren que las vacas HU de tres lactancias presentaron un balance energético negativo más pronunciado que podría reflejar la diferencia en la partición de nutrientes.

SUMMARY

Productive and reproductive performance was investigated in Uruguayan Holstein dairy cows (HU), n=18 and n=13 of two and three lactations respectively) and crossbred F1 UH x New Zealand Holstein Friesian (HU-HFNZ, n=18 and n=13 of two and three lactations, respectively) randomly assigned in bins according to economic genetic index from the previous lactation, body condition score (BCS) two months before calving and expected calving dates. Milk production and composition was registered every other week until the second month of lactation and monthly afterwards. BCS was measured every two weeks from two months before and after calving and monthly thereafter. Milk samples were taken twice a week for the determination of the resumption of ovarian cyclicity by progesterone. Blood samples were taken weekly from -40 to 60 days postpartum in a subgroup of animals (n=26, 13 of each genetic type) for metabolite and hormone determinations. Milk, fat, protein and total solids accumulated production (fat + protein) up to 305 days-in-milk were not affected by the genetic type. The HU cows produced 0.5 L/day more milk than HU-HFNZ cows in the first 240 days in milk. Fat and lactose percentages were greater and protein percentages tend to be greater in HU-HFNZ cows (3.72 ± 0.05 , 5.02 ± 0.02 y 3.31 ± 0.02 % vs. 3.44 ± 0.05 , 4.94 ± 0.02 y 3.27 ± 0.02 % respectively). The HU cows were 49 ± 3 kg heavier than HU-HFNZ cows (569 vs 520 kg), presented more energy requirements of maintenance and produced less milk solids per metabolic weight. Non-sterified acid and β -hydroxybutyrate concentrations increased around calving and were greater in HU third lactation cows. Cholesterol concentration was higher in HU-HFNZ than HU cows and decreased around calving. Total plasmatic protein concentrations decreased at calving and were higher in HU cows. The lowest protein concentrations were found in HU-NZHF second lactation cows. On the other hand, albumin concentrations were greater in HU-NZHF cows than HU cows of three lactation. Urea concentrations were similar between strains, decreased around calving, and stayed lower until the end of the experiment. Insulin concentration was not affected by the strain, neither by parity and decreased around calving. The decrease in IGF-1 concentrations at calving was more pronounced than that of insulin and an interaction among strain and days was found: HU-HFNZ cows presented greater IGF-1 concentrations 35 days prepartum and similar at calving when compared with HU, suggesting that the uncoupling of the somatotropic axis is greater in this strain. Pregnancy rate at six weeks of insemination was higher (61 vs 35 %) and total pregnancy rate tend to be higher (87 vs 71 %) in HU-HFNZ than HU cows. In this study, HU-HFNZ cows produced more solids per metabolic weight and had a better reproductive performance. The metabolic profiles found suggest that HU of three lactation cows had a greater negative energy balance which could reflect the difference in nutrient partitioning.

INTRODUCCION

En el Uruguay, la agropecuaria representa aproximadamente el 37% del producto bruto exportado en dólares (IICA, 2005), y la lechería constituyó en el año 2009, el 7.6% del mismo (DIEA, 2009b). El 60% de lo producido en la lechería se exporta, fundamentalmente como commodities (leche en polvo, quesos), por lo que cobran relevancia el contenido de sólidos de la leche; consecuentemente las industrias han impuesto el criterio de pago por los mismos. La producción media por vaca ha crecido hasta alrededor de 4000 litros anuales, si bien hay predios que superan los 6000 litros (DIEA, 2009b; FUCREA, 2009), esta evolución ha sido acompañada por el aumento de tecnologías y el perfeccionamiento de los recursos, los que frecuentemente provienen de investigaciones y experiencias en otras realidades. En esta generalización se ubica, entre otros, la genética de la vaca lechera de los sistemas de producción nacionales. La brecha productiva potencial entre la producción media nacional por vaca y la de los rodeos más eficientes, sugiere la asociación de falencias en el manejo y nutrición con la disponibilidad de vacas cuya genética tiene un potencial mayor al que expresa. Por este motivo, el estudio de la genética adaptada a nuestro sistema productivo resulta necesario y promisorio.

El origen de la genética de la vaca en nuestro país es fundamentalmente Holstein de Estados Unidos y Canadá (INML, 2009), países con sistemas estabulados, sin caminatas, dietas con raciones totales mezcladas (TMR), y criterios de pago de la leche diferentes al del sistema uruguayo. Sin duda la producción del ganado lechero uruguayo ha mejorado, tanto en volumen de producción individual como – aunque en menor grado – por sólidos, pero ha empeorado la fertilidad (DIEA, 2009a y b). Los procesos reproductivos en nuestras condiciones presentan ineficiencias como la pobre detección de celos, el anestro post-parto y la baja concepción a primer servicio (Ibarra, 2002; Cavestany, 2000), problemas que a nivel mundial acusan también al Holstein de alta producción. Estos problemas reproductivos se han descrito y asociado a una partición energética especializada dirigida hacia la producción de leche en detrimento de otras funciones, por ejemplo, la reproductiva (Lucy, 2001).

Según Shook (2006), vacas de un genotipo particular se desempeñan mejor en ciertos ambientes que en otros, debido a la interacción entre la genética y el ambiente. En los últimos años se ha introducido genética de otros países, especialmente de Nueva Zelanda, debido a la similitud del sistema pastoril con el de nuestro país. Nueva Zelanda exporta alrededor del 90% de la producción, por lo que el sistema de pago es por sólidos. La producción prioriza el manejo de pasturas - 90 % de la dieta – por lo que la mayoría de los predios presentan parición estacional, se procuran vacas livianas, sanas y fértiles (Holmes, 2007). Sin embargo, aun dejando el contexto sociocultural muy diferente entre la lechería de ambos países, existen diferencias a tener en cuenta: nuestros suelos presentan menor contenido de fósforo, hay menor pluviosidad, y las pasturas artificiales en nuestro país tienen menor persistencia; por ende, la producción de pasturas y la utilización de la materia seca es menor (Holmes, 2007). La investigación respecto el desempeño productivo de nuevas líneas genéticas en nuestro sistema lechero es tan relevante hoy como debería haberlo sido hace décadas cuando se introdujo semen de América del Norte.

Si bien no hay antecedentes a nivel nacional, la bibliografía cita numerosos estudios comparativos entre el Holstein americano (EEUU) y el Holstein Frisien neocelandés. La interacción de la genética y el ambiente es un tema ampliamente debatido, como lo demuestran numerosos trabajos (Holmes, 1988; Kolver, 2003). En general, las vacas Holstein americanas son más pesadas, producen más volumen de leche, menor concentración de proteína, grasa y lactosa, tienen menor fertilidad y presentan mayor respuesta en sistemas con más concentrado que el neocelandés (Kolver 2002; Horan y col., 2005; Macdonald, 2008; Lucy y col., 2009). El alto mérito genético por producción se ha asociado con una mayor actividad de la vía lipolítica (MacNamara, 2000). Se ha sugerido que el tipo Holstein americano presentaría un período de desacople del eje somatotrófico más prolongado, asociado a una mayor producción y pérdida de estado corporal (EC) (Lucy, 2009; Chagas y col. 2009). Chagas y col. (2009) sugirieron que las diferencias en producción de leche entre las líneas Holstein americano y neocelandés durante la lactación temprana pueden deberse en parte a un grado de resistencia a la insulina más importante en el primer biotipo. A pesar de que los mecanismos fisiológicos para adaptarse a los requerimientos de la lactación deberían ser similares en los biotipos lecheros, estos estudios sugieren una partición nutricional diferente. Más aún, el consumo de materia seca (MS) en sistemas de pastoreo es usualmente más bajo que en sistemas de confinamiento y podrían ser insuficientes para sostener la alta producción de leche que puede lograrse con el potencial genético (Kolver y Muller 1998).

En función de las consideraciones realizadas, disponiendo de objetivos de producción definidos en nuestro país, resulta de interés la evaluación comparativa productiva y reproductiva de la cruce Holstein Frisien neocelandesa con la Holstein representativa de las vacas del rodeo comercial (origen norteamericano), en un mismo ambiente productivo y bajo las mismas medidas de manejo. Además, y teniendo en cuenta la producción y composición de leche, la evolución del estado corporal (EC) diferencial sugerida por otros autores, se hipotetizó que esto podría reflejarse en la partición de nutrientes durante el parto, por lo que se determinó la evolución del EC, los perfiles metabólicos y endócrinos.

ANTECEDENTES

a) Evolución y perspectivas de la lechería en Uruguay

El Uruguay tiene una superficie de 16 millones de hectáreas, de las cuales aproximadamente el 5 % están dedicadas a la lechería comercial (DIEA, 2008). En el año 2000, la lechería generó el equivalente al 10% del valor producto bruto agropecuario en dólares y compone el 11.5% de las explotaciones agropecuarias (DIEA, 2003, 2009a). Se estima que la cadena láctea emplea unos 20.000 trabajadores. Desde la década del setenta hasta hoy, la lechería procesó cambios de reorientación productiva y de transformación, desde un perfil comercial orientado al abastecimiento interno de leche hacia uno orientado a aumentar la exportación. El crecimiento de la fase pecuaria fue a través del aumento de la productividad, mediante la adopción de diversas técnicas de producción que demandaron tanto la incorporación de nuevos conocimientos como importantes y diversos tipos de inversiones. Una variable que expresa la magnitud del cambio es la propia producción de leche que en los últimos 30 años ha crecido a una tasa anual de 4% (DIEA, 2003) y desde 2002 hasta 2009 lo hizo en un 25%, pasando de 1378.5 a 1738.8 millones de litros anuales (DIEA, 2009a). Este incremento se convirtió en una mayor disponibilidad de materia prima para las agroindustrias, que no sólo se volcó hacia la ampliación del mercado interno, sino que generó un sostenido aumento de las exportaciones que en valor pasaron de U\$S 2.7 millones a U\$S 126 millones en 27 años (DIEA, 2003). De esta manera, al presente, más de la mitad de la leche remitida está dirigida a la exportación, en su gran mayoría como productos industrializados. Esta es la causa por la que el sistema de pago del producto por la industria se ha ido modificando y hoy es básicamente por sólidos.

En los últimos años, el avance de la producción lechera se dio en el marco de un desarrollo muy importante de la forestación y de la agricultura, actividades que compiten en el país por el acceso a la tierra y por la mano de obra. El crecimiento de la lechería ha sido sin crecimiento de la superficie total explotada; más aún, mientras que ésta ha disminuido en los últimos años (1.000.000 a 840 mil has en 2001 a 2008, respectivamente, DIEA 2009a), la agricultura pasó de 622 mil hectáreas en la zafra 2001-2002 a 1560 mil en la zafra 2008-2009 (DIEA 2009a). La competencia por la tierra, aumentó su comercialización; 37 % cambió de tenencia en los últimos 10 años y el precio varió desde U\$S 385/ha en el año 2002 a U\$S 2.329/ha en el año 2009 (DIEA, 2009b). Además, el 38% de la tierra destinada a lechería es arrendada, por lo que el recurso tierra se posiciona como prioritario para el sector lechero.

Según Oyhantçal y col. (2009) las perspectivas para el futuro próximo señalan un escenario favorable para la producción de leche, y numerosas opiniones sugieren

que el futuro del crecimiento de la lechería en los próximos 20 años será en el hemisferio Sur (DIEA, 2009b; Montgomery, com. per. 2010). La base de estas opiniones radica en que la lechería en el hemisferio norte ha sido y es sustancialmente subvencionada; y las políticas económicas recientes (por ejemplo, la Comunidad Económica Europea) tienden a bajar esta subvención, a las restricciones ambientalistas y al precio de la tierra.

b) El sistema de producción lechero uruguayo

El desarrollo productivo lechero en las últimas décadas se dió con un aumento permanente de la producción individual y por superficie y, hasta el año 1998, con aumento del número de cabezas. La producción por vaca creció de 3220 a 3877 L/vaca masa (VM)/año (20%) en los últimos 10 años (DIEA, 2009a). La productividad por superficie se multiplicó por 2.8 desde 1985, ubicándose en 2009 algo por encima de los 2.200 L/ha (DIEA, 2009b). Este proceso de intensificación emplea además aproximadamente 15 trabajadores/1000 ha. (DIEA, 2009a), cifra muy superior a la de las actividades con las que compite por la tierra, y la ubica por lo tanto como una actividad de interés nacional, por el énfasis en relación a lo social y al desarrollo sustentable.

Nuestros sistemas de producción, conjugan la explotación de vacas de alto potencial genético para producción y altos requerimientos nutricionales con ofertas pastoriles variables combinadas con suplementación. La exigencia que implica mantener este equilibrio nutricional diariamente, ha aumentado la complejidad de los sistemas, en cuanto a suministros de alimentos, mantenimiento de una dieta óptima con control planificado del pastoreo, atención de desbalances metabólicos y sanitarios del ganado y planificación y seguimiento de la reproducción. Estos factores agregan al sistema la demanda por otro recurso escaso: mano de obra capacitada. Otros aspectos que contribuyen a la complejidad de los sistemas lecheros en el futuro, son el manejo de efluentes, las buenas prácticas de manejo animal, la trazabilidad del producto, la producción en veranos muy calientes, la dependencia y variabilidad de costos de los concentrados y del combustible.

La base productiva está integrada por predios con un importante grado de diversidad en cuanto a adopción tecnológica. Los de mayor productividad por superficie se caracterizan por mayor dotación de ganado y producción diaria por vaca, más superficie dedicada a praderas y cultivos y mayor consumo de concentrado (DIEA, 2009a). A modo general, se puede caracterizar el sistema de producción lechero uruguayo por explotar rodeos de vacas de alto potencial genético consumiendo dietas que provienen en un 70% de pasturas consumidas en pastoreo directo y con caminatas diarias (Chilibroste, 2002). La oferta y el acceso a las pasturas, determina la necesidad de un fuerte aporte de los concentrados y de las reservas durante largos períodos, como lo reflejan aquellos sistemas de altos resultados económicos: cosechan aproximadamente 2500 kg de MS de pasto, consumen 1500 kg MS de reservas forrajeras, y 1600 kg MS de concentrado por VM por año (Artagaveytia y Giudice, 2008). Las pasturas están basadas en

praderas plurianuales y cultivos forrajeros anuales, que constituyen aproximadamente las dos terceras partes del área lechera. El 32% de la leche se produce en primavera y el 28% en otoño; sólo el 40% de los tambos tiene parición estacional de otoño, de los cuales proviene la mayoría de la leche de esta estación (DIEA, 2009b). Algunos indicadores sugieren los efectos generados de la explotación de vacas de alto mérito genético y del sistemas de base pastoril como el caracterizado: la composición grasa y proteica de la leche remitida en Uruguay es de 3.65 % y 3.16 % respectivamente (DIEA, 2009a), y dentro del año estos componentes reflejan las oscilaciones propias del sistema alimenticio citado, tanto el que surge a través del peso relativo de cada fuente de alimento (pasturas de consumo directo y suplementos), como también el que se origina de la composición en cuanto a fibras y proteínas de los mismos (DIEA, 2009a), un lento crecimiento de la concentración de sólidos desde 1996, menor al 0.10% (DIEA, 2009a) basado en la concentración de proteína; el primer parto a los 34 meses, la vida media de 4 lactancias y el porcentaje de preñez que no llega al 60% (Rovere y col. 2007). Las condiciones de pastoreo directo, las dietas en sí y las producciones individuales de la lechería nacional contrastan tanto con los sistemas productivos de dietas totalmente mezcladas (Total Mixed Ration, TMR, de Estados Unidos) como con el sistema pastoril de Nueva Zelanda o de Irlanda. En Estados Unidos, las vacas están estabuladas, consumen dietas TMR y producen en promedio más de 7000 litros de leche, si bien en los rodeos de más de 500 vacas se dobla esta producción. Sólo un 10 a 12% de los predios incluyen pastoreo y no hay estacionalidad en los partos (USDA, 2010). En contraste, en Nueva Zelanda, el consumo anual de pasturas aproximado es de 4400 kg MS/vaca, a cargas de 2.5 vacas por hectárea, con caminatas diarias, y bajo consumo de concentrados (inferior a 500 kg MS/vaca/año), el 95% de los sistemas son de parición estacional y la reposición anual es del 20% (Holmes, 2007). En Irlanda, las vacas están estabuladas al inicio de lactancia y a pastoreo durante el período de mayor crecimiento de pasturas y la producción media por vaca es de aproximadamente 4900 litros.

Se destaca la particularidad de nuestro sistema productivo en el que se ha intentado adaptar a la vaca de alta producción al sistema pastoril con alta suplementación y ésta a los requerimientos de la vaca. Cumplir con los requerimientos nutritivos y de manejo de estas vacas y sostener el crecimiento productivo, económico y la calidad de vida del recurso humano de nuestros sistemas de producción constituyen un desafío que justifican su estudio.

c) La vaca lechera del rodeo nacional

El rodeo nacional está compuesto por 408 mil VM, en su mayoría de raza Holstein integrando en su mayoría, rodeos de más de 200 vacas (DIEA, 2009a). La genética proviene predominantemente de Estados Unidos y Canadá (INML, 2009), países con sistemas de producción estabulados y basados en TMR. Con este tipo de vaca de alta producción, asociado a una nutrición acorde a lo requerido por ellas, se ha multiplicado por 1.6 la producción individual en 20 años en nuestro país (DIEA, 2003). Producen una media de 4000 L anuales de leche bajo las condiciones alimenticias del sistema productivo descrito, pero demostrando potencialidad para mayores producciones (Artagaveytia y Giudice, 2008). Sin embargo su reproducción se ha visto afectada; estudios recientes en 200 mil lactancias, indicaron que el intervalo parto-concepción (IPC) aumentó de

131 a 150 días entre 1997-2001 y 2001-2005 (Rovere y col., 2007). Las tasas de concepción variaron entre 30 y 37% entre 2004 y 2006, siendo 52% el valor superior. Según Ibarra (2002) y Cavestany (2000) los principales problemas en reproducción de nuestro país son la falla en la detección de celos y el retorno de la ciclicidad ovárica postparto respectivamente. Si bien no hay registros nacionales, también la sanidad en el periparto se ha visto afectada. Estudios nacionales han caracterizado al período de transición de nuestras vacas, con un balance energético negativo en lactación temprana que es más acentuado en la primer lactancia (Cavestany y col., 2005).

Este mismo tipo de ganado es el que ha colonizado la producción lechera internacional. Por ejemplo en Irlanda, el Holstein de origen estadounidense, en diez años pasó de conformar el 50 al 80% del rodeo y en Nueva Zelanda pasó de ser el 2% al 38% en 20 años (Harris y Kolver, 2001). En Estados Unidos, la mejora genética ha enfatizado el volumen de leche, incorporó mas tarde el tamaño corporal y otros caracteres de tipo. En la evaluación de toros, este país aporta tres índices de selección económica: 1) Índice de Desempeño Total (TPI) que considera rasgos de tipo, producción, manejo y durabilidad de la Asociación de Holstein de USDA; 2) Mérito Neto (MNS) a las mismas características las valoriza diferente, da menor valor al tipo, a la proteína y mas a la grasa y vida productiva; y 3) Mérito de Queso (MQS) no valoriza tipo, castiga al volumen, valoriza la proteína igual que TPI y en menor cuantía a la grasa. Debido al deterioro progresivo de la fertilidad se incluyeron, hacia el año 2003, las características reproductivas. Canadá, en cambio, además de la producción, ha jerarquizado caracteres de tipo como ubre y patas y la altura es relevante. Shook (2006) cita que durante los últimos dos decenios las producciones de leche, grasa y proteína en Estados Unidos se incrementaron en 3.500, 130 y 100 kg, respectivamente; correspondiendo alrededor de un 55% de dicho aumento al mejoramiento genético.

Internacionalmente las altas producciones individuales se han asociado con una disminución de los indicadores reproductivos: 65% y 40% de preñez a primer servicio en los años 1951 y 1996 respectivamente (Butler, 1999). Esto también ocurre en el ganado Holstein de otros países como Irlanda (Roche, 2006), Reino Unido (Royal y col., 2000) y Australia (Macmillan y col., 1996), países que también han aumentado su producción por vaca. Lucy (2001) cita algunos de los cambios en la fisiología reproductiva de la vaca moderna; disminución de la preñez a primer servicio, atraso en el reinicio de la ciclicidad post-parto, y ciclos estrales con celos más cortos y menos expresivos. Otras características reproductivas de la vaca lechera moderna, son el aumento de la tasa de mellizos y de quistes ováricos. Las nulíparas y/o vacas que no están en lactación, no presentan este efecto negativo en la reproducción (Butler y Smith, 1989), lo que indica que es la asociación con la producción la responsable de la subfertilidad. Aquellas vacas con menor EC son las más propensas a tener un período anovulatorio mayor (Krall y col., 1992; Royal, 1999; Pryce y col. 2000). Otro factor que puede afectar negativamente la fertilidad es la consanguinidad que, en el Holstein, es actualmente de 5%, y según Hansen (2000) aumentará al 10% hacia el año 2020. La asociación negativa entre producción y fertilidad descrita en numerosos trabajos (Royal y col. 2002), se agudizó en Estados Unidos a partir de los años 80 cuando se superaron los 7000 L/vaca (Lucy, 2001).

Gutierrez y col. (2006) sugieren que el síndrome de subfertilidad surge de la interacción del sistema de manejo, el genotipo y los procesos metabólicos que subyacen en ese aumento de la producción. Esto indica que el resultado de la selección genética nacional no escapa a la de Holstein a nivel mundial y sus consecuencias en producción y reproducción.

d) Bases metabólicas de la vaca lechera de alta producción y el impacto en la reproducción

El potencial genético para la producción de leche está directamente relacionado con la capacidad de respuesta al incremento en la demanda de glucosa para la síntesis de lactosa. El proceso de pasaje de la gestación a la lactación se define como período de transición, presenta grandes exigencias energéticas y cambios metabólicos dramáticos para la vaca, y arbitrariamente se delimita en 3 semanas antes y 3 después del parto (Drackley, 1999). 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). Los cambios que ocurren durante este período están directamente relacionados a los procesos de adaptación del sistema digestivo a la alimentación que recibirán luego del parto y del metabolismo. Bauman y Currie, (1980), definieron como teleoforesis u homeorhesis al mecanismo de regulación que involucra la coordinación y orquestación de estos cambios en el metabolismo de los tejidos/órganos del cuerpo necesarios para apoyar una función fisiológica específica. Esto implica el logro de la uniformidad del flujo de nutrientes en apoyo de un estado fisiológico como lo es en este caso la lactancia (Bauman y Currie, 1980; Bauman, 2000). En ese estado fisiológico las vacas lecheras de alta producción tienen una utilización de nutrientes por parte de la glándula mamaria superior a la del resto del cuerpo, a tal extremo que Brown (1969, citado por Bauman y Currie, 1980) ha sugerido que la vaca debe ser concebida como un apéndice de la ubre y no viceversa.

Al aumento de la demanda energética para la lactancia se le suma una disminución del consumo previo al parto, de aproximadamente el 30% (Grummer, 1995). El desbalance de energía generado entre la capacidad de consumo y los requerimientos de producción durante el período de transición, determina la movilización de las reservas corporales resultando en un estado característico de este período; el balance energético negativo (BEN). Sumado al aumento de la demanda, el consumo de MS disminuye desde aproximadamente 2 semanas pre-parto hasta el parto e independientemente de que luego del mismo aumente el consumo, la energía obtenida no es suficiente para satisfacer los requerimientos de producción (Lucy, 2001). Si bien alta producción no es sinónimo de BEN, la disponibilidad y capacidad de consumo de MS determinan la magnitud de esta brecha entre producción y consumo (Drackley, 1999). En particular en los sistemas de vacas en pastoreo, no se logra cosechar suficiente MS para sostener las altas producciones de leche para la que genéticamente tienen potencial (Kolver y Muller 1998; Chilibroste y col., 2010) En la generación del BEN, las vacas en pastoreo suman a sus requerimientos, la energía extra para cubrir las cuatro caminatas desde el potrero a la sala de ordeño. Esto da lugar a cuestionarse si el sistema productivo y la alimentación en particular de nuestro

sistema lechero, y durante este período en especial, limita o promueve la expresión del potencial genético de sus vacas.

Debido a que la mayoría de los carbohidratos ingeridos en la dieta son fermentados en el rumen, muy poca glucosa es absorbida directamente del tracto digestivo (300 a 1000 g por día de glucosa, Chiliard, 1999), por este motivo, la mayor parte de la misma debe ser sintetizada en el hígado. Las principales fuentes que proveen de moléculas de carbono para la síntesis nueva de glucosa (neoglucogénesis), son el ácido propiónico de la fermentación ruminal, el glicerol proveniente de la degradación del tejido adiposo y los aminoácidos del catabolismo del músculo esquelético (Seal y Reynolds, 1993). Esto puede verse reflejado en la concentración sanguínea de algunos metabolitos como los ácidos grasos no esterificados (NEFA), el beta-hidroxibutirato (BHB), la urea y la albúmina entre otros. Durante este período hay un redireccionamiento del tipo de combustible utilizado por los tejidos periféricos, preservando a la glucosa para su utilización en la glándula mamaria y captando los NEFA circulantes provenientes de la lipólisis. Estos NEFA llegan al hígado donde pueden ser oxidados para la obtención de energía o volcados a la circulación nuevamente en forma de lipoproteínas. En la vaca en transición, la vía metabólica de la cetogénesis (síntesis de cuerpos cetónicos, acetoacetato y BHB) está exacerbada. Durante este período de altas demandas energéticas, el límite entre salud y enfermedad en la vaca lechera es muy delgado; conjuntamente con el aumento de la producción en las últimas décadas han aumentado las patologías metabólicas como cetosis, hígado graso e hipocalcemia (Grummer, 1995).

El BEN provocado constituye la señal para la liberación de factor liberador de la hormona del crecimiento (GHRH) desde el hipotálamo y el estímulo de la liberación de la hormona del crecimiento (GH) por la hipófisis. Altas concentraciones sanguíneas de GH y bajas de insulina resultan típicas de esta etapa fisiológica (Drackley, 1999). Durante este período, disminuye la abundancia de receptores de GH en hígado debido a una menor expresión de la isoforma GHR1A de sus transcritos (que representa el 50% en el hígado de una vaca adulta y presenta mayor velocidad de traducción); es decir, el hígado es menos sensible a la GH y por lo tanto la síntesis de factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 (IGF-1) que es mediador de la GH se encuentra disminuida. A su vez, estas bajas concentraciones de IGF-1 no logran ejercer la inhibición hipotálamo-hipofisaria sobre la secreción de GH - retroalimentación negativa - y la concentración de GH permanece alta en este período (Kobayashi y col. 1999). A este efecto se le denomina desacople del eje somatotrófico. Se ha sugerido que la insulina juega un rol clave en la regulación de la expresión de ARNm de GHR1A en el hígado y por lo tanto en el mecanismo de desacople (Kobayashi y col. 1999). En músculo y tejido adiposo, una de las acciones de la GH es disminuir la sensibilidad a la insulina, y por ende, el metabolismo anabólico, lo cual favorece el estado catabólico periférico que facilita el suministro de nutrientes hacia la glándula mamaria. El reestablecimiento del balance energético con el comienzo del aumento de la ingesta, se asocia con el fin del desacople del eje somatotrófico. Del tiempo que demore esta recuperación dependerá la duración de la transición y del establecimiento del nuevo nivel de homeostasis (Lucy y col, 2001). Existe evidencia de que las vacas de menor producción tienen menores concentraciones de GH y mayores de insulina e IGF-1 (Gong y col. 2002). En estas vacas, la capacidad de movilizar NEFA es menor y una mayor

cantidad de glucosa es destinada a tejidos extramamarios. Estas características son las que llevan a una menor producción láctea (Bauman, 2000).

Las consecuencias negativas sobre la reproducción de esta adaptación a altas producciones han sido ampliamente documentadas (Pryce y col. 2004). El BEN disminuye la pulsatilidad de la hormona luteinizante (LH), el desarrollo folicular y consecuentemente atrasa la primera ovulación luego del parto (Beam y Butler, 1997; Butler, 1999). Además, a nivel periférico las hormonas anabólicas insulina e IGF-1, que conforman el eje somatotrófico, estimulan la mitosis y proliferación celular en los folículos ováricos (Spicer, 2004), por lo que las bajas concentraciones de éstas en el período de transición de la vaca de alta producción, resultan críticas para la reproducción (Beam y Butler, 1997).

e) Objetivos de selección en Uruguay e introducción de genética neocelandesa

Las estrategias de mejora genética se basan en dos factores prioritarios: la identificación de los caracteres biológicos que inciden en el resultado económico de los sistemas de producción y la ponderación que se le da a cada uno de ellos (Danell, 1980). La mejora genética en Uruguay depende del criterio del productor en la selección de toros que frecuentemente se basa en la información proveniente de la prueba nacional y de la información de evaluaciones internacionales. Nuestro país, desde el año 1991, cuenta con una evaluación genética del rodeo lechero –Instituto Nacional para el Mejoramiento Lechero-, basada en la estimación de valores genéticos predichos a partir de medidas objetivas individuales, y tiene unas 60 mil vacas registradas. Sin embargo, a nivel nacional no hay un índice definido que considere el valor económico de las características evaluadas en las condiciones del sistema productivo lechero uruguayo. En un estudio reciente, Rovere (2010), a partir de la estimación de valores económicos para volumen, proteína, grasa, peso vivo (PV) e intervalo inter-parto, concluye que el componente más importante e independiente del precio del concentrado, es la proteína cuando no hay aumento proporcional del volumen. La grasa presentó un menor peso relativo (negativo en situaciones de precios altos de concentrado), y el tamaño final de la vaca incidió negativamente. El intervalo inter-partos tendría menor incidencia, aunque el reporte es menos concluyente en este carácter.

En los últimos años se ha introducido en Uruguay genética Holstein proveniente de otros países, como Australia, Suecia, Holanda y Nueva Zelanda. En particular la genética neocelandesa ha tenido una mayor difusión a nivel nacional, asociado a una mayor presión comercial, a las relevantes inversiones en lechería de origen neocelandés y a la búsqueda de alternativas para mejorar algunas características en su rodeo por parte de los productores. Los objetivos de selección de la genética neocelandesa se reflejan claramente en el índice de selección que aplica Nueva Zelanda, el que otorga una ponderación diferencial a los caracteres incluidos de acuerdo al valor económico de cada uno de ellos. Producción de grasa 7% (+), producción de proteína 38% (+), volumen de leche 16% (-), PV 18% (-), fertilidad 9% (+), recuento células somáticas 7% (-) y sobrevivencia 5% (+) (LIC, 2006).

El interés en el ganado proveniente de este último origen, se basa fundamentalmente en la presencia de algunas similitudes entre los sistemas productivos lechero uruguayo y neocelandés. Nueva Zelanda exporta alrededor

del 90% de la producción, por lo que el sistema de pago es por sólidos y está sometido a las fluctuaciones de precio del mercado mundial. La producción prioriza el manejo de pasturas, las que constituyen aproximadamente un 90 % de la dieta, pastoreos a altas cargas y baja suplementación (5 kg MS de pastura o 1 kg de MS de concentrado equivalen al costo de 1 L de leche), motivo por lo que se procuran vacas livianas, sanas y fértiles (Holmes, 2007). Para lograr el sincronismo entre la curva de aporte de las pasturas y los requerimientos nutricionales del rodeo, 95% de los predios presentan parición estacional (fin de invierno-primavera), y hacen coincidir el período de vaca seca con el de menor crecimiento de pasturas (invierno). La estacionalidad reproductiva implica que las vacas acceden a un máximo de cuatro servicios para concebir (Holmes, 2007). Finalmente, la rentabilidad de sus tambos, como en nuestro país, está más ligada a la producción por hectárea (889 kg de sólidos (grasa+proteína)/ha., 3800 L de leche y 316 kg de sólidos/vaca según Holmes (2007).

Pero es oportuno destacar también profundas diferencias que existen entre ambos países, como la participación en el mercado mundial de lácteos, la integración de toda la cadena láctea, la positividad en el personal, y el énfasis en el control y planificación del consumo de pasturas (Holmes, 2007). El mayor contenido de fósforo y la topografía más quebrada de los suelos, asociado a la mayor pluviosidad de Nueva Zelanda, contribuyen a que la oferta de pastura por vaca al año sea mayor que en nuestro país (Holmes, 2007). Consecuentemente, las pasturas artificiales en nuestro país tienen menor persistencia y la producción y utilización de la materia seca es menor en Uruguay. El recurso humano dedicado a la lechería difiere también entre ambos países, así como el contexto sociocultural referente al agro. El conocimiento de los factores en que se asemejan los sistemas de producción, sumado sin duda a intereses comerciales, ha incentivado recientemente la difusión de la genética neocelandesa en nuestro país.

f) Estudios comparativos entre Holstein de origen americano y neocelandés

Según Holmes (1988) los biotipos más destacados en su comportamiento productivo en una situación dada, conservaban sus características al cambiar las condiciones ambientales. En la actualidad se reconoce, no obstante, la importancia de las denominadas “interacciones genético ambientales” en producción de leche (Bryant y col. 2005). Estas se han hecho más evidentes al comparar líneas seleccionadas por alta productividad con otras en que su mejoramiento ha incorporado otros aspectos funcionales, cuando ambas son sometidas a diferentes niveles de alimentación. Es así que, por lo general, en sistemas pastoriles el ganado Holstein americano experimenta limitaciones para cubrir sus requerimientos, afectándose notablemente su condición corporal y eficiencia reproductiva (Kolver, 2003). En este sentido, se han desarrollado numerosos estudios comparativos entre la línea genética Holstein Friesian neocelandesa (HFNZ) y la Holstein americana.

En consideración de los sistemas alimenticios y ambiente en que se ha originado cada línea genética, se ha propuesto e investigado la existencia de interacción entre genética y alimentación en el desempeño de las mismas. Merecen citarse en este sentido, los estudios comparativos entre líneas de alto y bajo mérito genético dentro del Holstein. A modo de generalización, los hallazgos más relevantes se

refieren a que el ganado Holstein americano es más pesado en todos los estudios revisados, presenta peor estado corporal y caídas más bruscas de ésta y produce más volumen de leche (Buckley y col. 2003; Kolver y col. 2003, 2005; Horan y col. 2005; Macdonald y col., 2008; Lucy y col. 2009; Chagas y col. 2009). La concentración de proteína y grasa fue menor en las Holstein americanas según algunos de estos trabajos (Horan y col. 2005; Macdonald y col.2007; Lucy y col. 2009). En los estudios de Kolver y col. (2002, 2005) la vaca Holstein americana produjo igual cantidad de sólidos totales en pastura, pero mayores con dietas TMR. A su vez, la concentración de grasa en uno u otro sistema de alimentación, fue siempre menor en la Holstein americana, por lo que la producción de sólidos totales se debía a una alta relación proteína/grasa. Las curvas de producción de las Holstein americana fueron además más persistentes con sistemas TMR.

En los numerosos estudios acerca de la interacción entre el sistema de alimentación y la línea genética, unos autores exponen las vacas de distinto mérito genético a sistemas con diferentes ofertas de pastura y concentrado (Horan y col. 2005; Roche y col. 2006; Macdonald y col.2008), y otros evalúan las vacas, de un mismo mérito genético, en un sistema TMR y pastoril (Kolver 2005). Veerkamp (1998) midiendo relación forraje/concentrado, no detectó interacción genética-ambiente, si bien el autor sugiere la limitante que podría traer la selección para aumentar volumen, en otros aspectos productivos. Macdonald y col. (2008) en Nueva Zelanda, describe la ausencia de interacción entre sistema alimenticio y genotipo, produciendo ambas líneas más sólidos y volumen de leche a mayor cantidad de concentrado, y ofreciendo similar materia seca por kg de peso a cada línea genética a tres niveles de consumo. Por otro lado, los estudios de Kolver y col. (2002,2005) en Nueva Zelanda, así como el trabajo de Horan y col. (2005) en Irlanda, dejan clara evidencia de la presencia de dicha interacción de la línea genética y el sistema alimenticio. Kolver y col. (2002, 2003) expuso a ambas líneas a TMR y a pastura exclusivamente, con mínima suplementación con silo. Los autores reportaron que en condiciones pastoriles el HNZ alcanzó una leve superioridad respecto al Holstein americano al considerar producción de sólidos lácteos de valor económico (grasa + proteína) y presentó mayor eficiencia de producción de sólidos por kg de PV. Cuando ambas líneas genéticas fueron comparadas en un sistema de alimentación TMR, las vacas Holstein americanas produjeron más sólidos totales, sin embargo la eficiencia por kg de PV fue similar en ambas líneas. En el sistema pastoril, el consumo de pastura en relación al PV, fue superior en la línea neocelandesa, según otro estudio del mismo autor (Kolver, 2003). Previamente, Kolver y col. (1998) afirmó que las vacas de alto mérito presentan un mayor consumo de MS en relación al PV en sistemas TMR y comparando su comportamiento en pastura, no logran expresar su potencial genético más allá de los 30 kg de leche diarios por vaca.

Horan y col. (2005) estudiaron tres líneas en tres sistemas alimenticios: alta carga de pastoreo, alta disponibilidad de forraje y alto nivel concentrados. La línea Holstein americana, fue superior productivamente en volumen de leche con respecto a la cruce con HFNZ y la Holstein seleccionada para mayor musculatura. Sin embargo, la diferencia con el HFNZ se minimizó cuando se consideró producción de sólidos lácteos: la Holstein americana superó a la HFNZ en 12.7%, 13.2% y 24.3%, en los sistemas de alta carga, alta disponibilidad y alto concentrado respectivamente, sin considerar eficiencia por PV. Es decir que cuando se considera la producción de grasa y de proteína, se minimiza la

superioridad del Holstein americano con respecto al HFNZ en los tres sistemas alimenticios. Con altos niveles de concentrados, la diferencia productiva a favor del Holstein americano se manifiesta en volumen de leche, pero en menor medida en sólidos, y cuando la pastura comienza a predominar, la producción, fundamentalmente de grasa, y en menor medida de proteína de la Holstein americana, disminuye. Estos trabajos demuestran la coherencia de los objetivos de selección para cada sistema; la buena respuesta en volumen de leche a alta suplementación del Holstein americano, y la buena producción de sólidos en sistemas de alta carga y alta disponibilidad de pasturas, del HFNZ. Dillon y col. (2006) demuestran que animales de alto potencial productivo, tienen la capacidad de incrementar sus consumos totales ya que al ser suplementados bajan el consumo de pastura en menor grado (sustituyen menos) que los HFNZ. La respuestas en producción de leche por kg de concentrado aportado fueron consistentes con las tasa sustitución reportadas por este autor.

Se ha asociado el alto mérito genético para producción, con una mayor actividad de la vía lipolítica (MacNamara, 2000) si bien ambos biotipos disminuyen su EC durante las seis primeras semanas de lactancia. Sin embargo, en situaciones ambientales similares, el ganado HFNZ logra mejorar el estado cuando se le ofrece más concentrado en el post-parto, a diferencia del Holstein americano (Macdonald y col. 2008; Chagas y col. 2009). También, además de ser más pesadas, éstas pierden más peso en proporción al peso metabólico que las HFNZ (Kolver y col. 2002). Se ha sugerido que la línea Holstein americano presentaría un período de desacople del eje somatotrófico más prolongado, asociado a una mayor producción y pérdida EC (Lucy y col. 2009; Chagas y col. 2009). Estudios de Kay y col. (2009) detectaron mayores concentraciones de GH y NEFA y menores de IGF-1 en la línea norteamericana en lactancia temprana, si bien las concentraciones de GH disminuyeron y las de IGF1 aumentaron al aumentar el consumo de concentrado. Chagas y col. (2009) demostró que la degradación de glucosa fue mas baja en las Holstein americana respecto de las HFNZ, indicando una resistencia a la insulina mas severa y sugirió que las diferencias en producción de leche entre Holstein americano y HFNZ durante la lactación temprana pueden deberse en parte a un grado de resistencia a la insulina mas importante en las vacas Holstein americanas. A pesar de que los mecanismos fisiológicos para adaptarse a los requerimientos de la lactación deberían ser similares en los biotipos lecheros, estos estudios sugieren una partición nutricional diferente. Más aún, el consumo de MS en sistemas de pastoreo es usualmente más bajo que en sistemas de confinamiento y podrían ser insuficientes para sostener la alta producción de leche que puede lograrse con el potencial genético (Kolver y Muller, 1998).

Esta partición diferencial de nutrientes a favor de la glándula mamaria afecta otras funciones como lo es la reproductiva. En cuanto a fertilidad, los estudios son coincidentes en que la vaca HFNZ presenta mayor fertilidad: mejor porcentaje de preñez total (Laborde y col. 1998; Harris y Kolver 2001; Kolver 2005; Macdonald y col. 2008), de preñez a los 40 días de servicio y menor porcentaje de anestros que la HA (Macdonald y col. 2008). El reinicio de ciclicidad, resultó ser más temprano o igual en la línea norteamericana y se acorta en condiciones de máxima suplementación sólo en el HA (Chagas y col. 2006, 2009). Del mismo modo, Meyer y col. (2004) citan un efecto diferencial del acceso a pasturas entre las dos líneas de Holstein, adelantando el reinicio de la ciclicidad en vacas HFNZ

y no en el Holstein americano. Esto sin embargo, no se transfiere a una mayor tasa de preñez, en condiciones similares de manejo (MacMillan y col. 1996; Kolver y col. 2005; Mc Naughton y col. 2003; Macdonald y col. 2008). de Feu y col. (2008) encontraron una mejor calidad de los embriones en las HFNZ y sugirieron una partición energética distinta entre ambas líneas, que en el caso de la HFNZ promovería el desarrollo embrionario. Menores concentraciones de progesterona y diferencias en el ambiente uterino, así como diferencias hormonales y metabólicas durante el período en transición, han sido sugeridos como explicaciones para las diferencias en reproducción entre ambas líneas genéticas (Lucy y col. 2009; Chagas y col. 2009, de Feu y col. 2009).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las consideraciones acerca de las perspectivas del sector lechero, de las limitantes existentes actualmente para el desarrollo del sector productivo (tierra, mano de obra, número de vacas, producción por vaca y por hectárea, eficiencia reproductiva) determinan la importancia de definir cuáles potencialidades genéticas de la vaca lechera se deben de priorizar a nivel de país. Es relevante determinar el comportamiento (y la adaptabilidad) de las líneas genéticas que se introducen mediante la importación de semen, considerando el mérito genético y su ponderación económica para el sistema productivo nacional. Sólo mediante mediciones objetivas, comparativas, de características productivas y funcionales de interés económico, la selección genética podrá contribuir a mejorar las condiciones de producción a nivel generalizado, más allá de las cabañas. Como se citó, hasta el presente, factores como el peso vivo, la fertilidad, la condición corporal, no están contemplados en la evaluación genética a nivel nacional, así como tampoco la ponderación económica de los caracteres evaluados. Esto es aún más relevante si se tiene en cuenta que la genética existente en nuestro país es importada de condiciones de producción estabuladas, muy diferentes al sistema pastoril mixto nuestro. Definido el sistema de producción – especialmente alimentación – acorde al mercado regional e internacional, los pasos metodológicos acorde implican seleccionar el biotipo lechero que se adapte más al mismo. La investigación en este aspecto es prácticamente inexistente en nuestro país.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el comportamiento productivo y reproductivo, así como las vías metabólicas y hormonales del período de transición, en la lactancia de vacas cruce Holstein uruguayo x HFNZ (F1, 50% HU, 50% HFNZ) y vacas HU en un sistema de producción comercial nacional, sometidas al mismo manejo. Se hipotetizó que líneas genéticas diferentes, seleccionadas por similar índice económico de mérito genético en la lactancia previa, expuestas al mismo ambiente y manejo no presentan diferencias en producción de sólidos lácteos. Sin embargo, como en el índice económico considerado no se incluyeron variables reproductivas se hipotetizó que –en acuerdo con la bibliografía internacional- la cruce HU-HFNZ presentaría mejores resultados reproductivos.

Por otro lado, se testó la hipótesis de que el uso de la energía consumida y almacenada – reservas corporales- está influenciada por el biotipo lechero. En acuerdo con esto, el perfil metabólico y hormonal durante el período en transición debería de expresar diferencias que reflejen una distinta partición de nutrientes y energía. Como algunas de estas variables (especialmente hormonas) también afectan el eje reproductivo, se postuló que las vacas cruce HU-HFNZ presentan un perfil endócrino que se reflejaría en el comportamiento reproductivo.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Comparar el desempeño productivo y reproductivo entre vacas HU y cruce HU-HFNZ en un sistema de producción con pastoreo y suplementación, contribuyendo a la generación del conocimiento acerca de la partición de nutrientes y energía durante el período de transición.

Objetivos específicos:

Determinar el efecto de la línea genética sobre:

1. La producción y composición de la leche: volumen de leche, composición porcentual y producción total de grasa, proteína y lactosa, producción total de sólidos lácteos.
2. El balance energético: EC, PV, perfiles metabólicos y hormonales en el período en transición (concentraciones sanguíneas de NEFA, BHB, colesterol, proteína, albúmina, globulina, urea, Insulina e IGF-1).
3. Los parámetros reproductivos: intervalo parto-primer fase luteal, largo de fase luteal, intervalo parto-primer celo, intervalo parto-concepción, e inicio de servicio- concepción, porcentaje de concepción a las seis semanas de servicio, de preñez total, y número de servicios por concepción.

MATERIALES Y METODOS

Diseño experimental

El experimento se realizó en un predio del departamento de Flores, Uruguay, entre junio de 2007 y febrero de 2008. De acuerdo a la disponibilidad de vacas de cada línea en el predio, se seleccionaron 31 HU-HFNZ de $520 \pm 4,6$ kg de PV y 31 vacas HU, de $569 \pm 4,7$ kg de PV. En cada línea genética 18 y 13 vacas comenzaban su segunda (L2) y tercer lactancia (L3) respectivamente. El PV de las vacas L2 fue 510 ± 6 kg y 560 ± 6 kg y de las L3 531 ± 7 kg y 577 ± 7 kg en HU-HFNZ y HU, respectivamente. Las vacas cruza fueron la progenie de cuatro toros HFNZ asignados de modo aleatorio a vacas HU del mismo rodeo que las HU. Las vacas HU fueron la progenie al azar de toros Holstein de origen estadounidense y vacas promedio del rodeo HU. Con el objetivo de minimizar efectos debidos al ambiente, las vacas se seleccionaron en base a un índice económico de mérito genético similar, desarrollado en función de su lactancia previa en el mismo ambiente. Este índice económico se calculó como la suma de los valores de cría para PV, producción de leche, grasa y proteína, multiplicados por su correspondiente valor económico de acuerdo al pago de la leche y los costos de producción del predio y ha sido descrito previamente (López Villalobos, 2000; Coleman y col. 2009). La fórmula considerada fue la siguiente: $\text{US de ingreso por tonelada de materia seca consumida} = (0.089 \times \text{valor de cría para producción de grasa}) + (0.405 \times \text{valor de cría para producción de proteína}) - (0.004 \times \text{valor de cría para producción de L de leche}) - (0.043 \times \text{valor de cría para PV})$.

Las vacas se bloquearon (binas) dentro de cada lactancia por índice económico de mérito genético, fecha de parto prevista y EC al momento de la selección de los animales (58 ± 3 días previos al parto previsto). Las líneas genéticas presentaron similares índices económicos (858 ± 21 y 848 ± 21 , media \pm SEM, HU-HFNZ y HU, respectivamente). El EC fue similar entre líneas genéticas al momento de la elección ($3,31 \pm 0,06$ y $3,33 \pm 0,06$ en HU-HFNZ y HU, respectivamente). Las vacas L2 presentaron tendencia a un menor EC que las L3 ($3,23 \pm 0,06$ vs. $3,41 \pm 0,07$, respectivamente, $P=0,06$). El período seco previo a la lactancia estudiada fue $88 \pm 3,02$ días (rango: 55 a 133 días).

Las vacas elegidas, presentaron partos entre junio y agosto de 2007, sin distocias ni patologías post-parto; 29 de ellos ocurrieron en junio, 17 en julio y 16 en agosto. Durante el último mes pre-parto estuvieron en un mismo lote en pasturas naturales de baja calidad y se les suministró 11 kg de MS/vaca/día de una mezcla compuesta por 7 kg MS de silo de sorgo de planta entera, 3 kg MS de grano húmedo de sorgo, 1 kg MS de expeller de girasol (36% proteína cruda), 100 g de urea y un suplemento mineral para pre-parto.

Durante la lactancia las 62 vacas se manejaron junto al rodeo comercial de 210 vacas, en un sistema de pastoreo rotativo de franja diaria. El criterio de suplementación fue asegurar un consumo de 18 kg MS/vaca/día de una dieta con 16% de proteína y 1.5 Mcal/kg MS de ENL y mantener en las praderas una cobertura de 1200 kg MS. El concentrado mezclado con el silo, se ofreció en comederos colectivos, luego del ordeño de la tarde. Al aumentar la cantidad de concentrado ofrecido, el suministro se realizaba con mayor frecuencia diaria. La base del concentrado fue silo de grano húmedo de sorgo y grano seco de sorgo, y en menores cantidades, afrechillo de trigo, de arroz, expeller de soja y girasol. La tabla 1 describe la dieta ofrecida a las vacas en el mismo día en el que realizó el control de producción del ganado. Las vacas se ordeñaron dos veces al día y se secaron según faltaran 60 días para el parto y/o produjeran menos de 5 L/d. La duración media de la lactancia fue 280 ± 24 días, sin diferencias entre líneas ni paridades.

Tabla I: Descripción de la alimentación asignada.

Mes	Forraje Asignado (kg MS/vaca)	Silo Planta Entera (kg MS/vaca)	Concentrado (kg MS/vaca)
Junio	50	1.5	5.5
Julio	14 un pastoreo am	3.5	12
Agosto	25 un pastoreo am	3.5	9
Setiembre	50	0	3.7
Octubre	60	0	3.7
Noviembre	35	0	4.3
Diciembre	30 un pastoreo pm	0	6.3
Enero	30 un pastoreo pm	1.5	6.3
Febrero	35 un pastoreo pm	1.5	3.5

La media de los días en lactancia de las vacas eran de 32, 73, 134 y 190 días, a fin de agosto, octubre, noviembre y diciembre respectivamente.

Con el objetivo de una parición concentrada, el rodeo fue manejado con un período de servicio de tres meses (setiembre a noviembre). Durante los dos primeros meses se detectó celo dos veces al día y se inseminó 12 horas después de haber visto la vaca en celo, por un mismo inseminador y con semen del mismo toro; el último mes se utilizó monta natural con toro suelto en el rodeo. En aquellos casos en que no se había reiniciado la ciclicidad al comenzar los servicios, se insertaron dispositivos intravaginales liberadores de progesterona (DIV) para tratamiento de anestro. Se realizó el diagnóstico de gestación por palpación rectal 60 días después de finalizado el período de servicio.

Se determinó el período anovulatorio post-parto a todas las vacas mediante la concentración de progesterona en leche, extraída previamente al ordeño, dos veces a la semana (rango de intervalo entre dos muestras: 2 a 3,5 días), a partir de los 10 hasta los 88 días post-parto o hasta que demostraran el establecimiento del reinicio de ciclicidad.

Para el estudio de hormonas y metabolitos se seleccionó una submuestra de 26 vacas (13 bloques completos, 7 L2 y 6 L3) con partos en junio y julio. Desde los 40 días pre-parto, y hasta 60 días post-parto, dos veces a la semana, se les extrajo

sangre por venopunción coxígea en tubos heparinizados, se centrifugó a 3000 rpm por 15 minutos y se refrigeró el plasma a -20 °C.

Determinaciones

Producción y Composición de leche

Se determinó la producción y composición de leche (grasa, proteína y lactosa) a intervalos de 15 días durante los dos primeros meses de lactancia. A partir de los 2 meses hasta aproximadamente 260 días de lactancia, las determinaciones en leche fueron realizadas mensualmente. La composición se determinó a partir de muestras de leche individuales tomadas en el ordeño de la mañana y de la tarde. Los análisis se realizaron en el laboratorio Colaveco Colonia, Uruguay, mediante el método de absorción de radiación infrarroja para leche fluida (estándar IDF 141C:2000).

Estado corporal y peso vivo

Se evaluó el EC a partir de los 2 meses pre-parto y hasta los 6 meses post-parto. En los primeros cuatro meses, se realizó a intervalos de 15 días y a partir de los 2 hasta los 6 meses post-parto, una vez al mes. Dos observadores entrenados previamente, realizaron la evaluación de forma independiente, el mismo día y la escala consideró el 1 como emaciada y el 5 como gorda (Edmonson y col. 1989). Se estudió la correlación entre ambos observadores antes de iniciar el estudio ($r = 0,82$, $P < 0,0001$, $n=62$) y se empleó la media de las dos observaciones. Se registró el PV en el pre-parto y una vez por mes en el post-parto hasta el final del experimento.

Se pesaron las vacas a la selección y mensualmente a partir de los 60 días post-parto simultáneamente con la estimación del EC.

Determinaciones hormonales y de metabolitos

Las determinaciones hormonales se realizaron en el Laboratorio de Técnicas Nucleares, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Uruguay. Se centrifugó la leche a 3000 rpm a 4 °C durante 15 minutos y utilizó la leche descremada para determinar progesterona por radioinmunoanálisis en fase sólida empleando un kit comercial (Coat-a-count, DPC, Los Angeles, California, USA). Los coeficientes de variación dentro y entre ensayos fueron 5,2 % y 7,3 % para el control bajo (0.5 nmol/L) y 1,5% y 3,2% para el control medio (2 nmol/L) respectivamente. La sensibilidad fue 0,3 nmol/L. El reinicio de la actividad cíclica ovárica se definió como el día en el que la concentración de progesterona en leche fue >1 nmol/L en dos muestras consecutivas.

La insulina se determinó con un kit comercial ^{125}I -Insulin RIA (Diagnostic Products Co., Los Angeles, California, USA) como ha sido descrito previamente para bovinos (Adrien y col. 2010). La sensibilidad del análisis fue 1,5 $\mu\text{IU/mL}$. Todas las muestras se corrieron en el mismo ensayo y el coeficiente de variación dentro del ensayo fue de 8,2% y 9,4% para los controles bajo (2,2 $\mu\text{IU/mL}$) y medio (12,6 $\mu\text{IU/mL}$), respectivamente.

La determinación de la concentración de IGF-1 se realizó por medidas radioinmunométricas con un kit comercial (IGF1 RIACT Cis Bio International, GIF Sur Yvette Cedex, France) como ha sido descrito previamente para bovinos (Adrien y col. 2010). La sensibilidad del ensayo fue 0.7 ng/mL. Todas las

muestras se corrieron en un ensayo y el coeficiente de variación dentro del ensayo para el Control 1 (74 ng/mL) y para el Control 2 (535 ng/mL) fue 6,9% y 7,2%, respectivamente.

Los metabolitos se determinaron en dos ensayos en el laboratorio Miguel C. Rubino, DILAVE, Pando, Uruguay. Las concentraciones sanguíneas de BHB y NEFA se determinaron mediante espectofotometría empleando los kits para D-3-Hydroxybutyrate (Kat. RB 1007) y NEFA (Kat. FA 115, Randox Laboratories Ltd, Ardmore, UK). La concentración de proteína plasmática total, albúmina, urea y colesterol se determinaron mediante kits comerciales (Weiner Lab. Kit Bs As, Argentina). El coeficiente de variación dentro y entre ensayos estuvo por debajo de 7,5 % y 9,7 % para todos los parámetros respectivamente. Las globulinas se estimaron por diferencia entre concentraciones de las proteínas totales y albúminas.

Cálculos y análisis estadísticos

Los datos fueron analizados en un diseño de bloques al azar. Los parámetros de producción y composición de leche, EC, PV, energía y las concentraciones de metabolitos y hormonas se analizaron mediante el procedimiento mixto (PROC MIXED) usando medidas repetidas (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.). El modelo incluyó como efectos fijos la línea genética (HU-HFNZ y HU), el número de lactancia (segunda o tercera), la etapa de la lactancia (intervalos de 30 días, medida repetida) y sus interacciones. El EC 60 días pre-parto (al momento de la selección de los animales) y la duración del período seco previo fueron considerados como covariables. Las variables dependientes fueron: volumen diario de leche, porcentaje de grasa, proteína y lactosa y sólidos totales (grasa + proteína), a 240 días y corregidos a 305 días; EC, PV; concentraciones sanguíneas de NEFA, BHB, Insulina, IGF-1, colesterol, proteínas, albúminas, globulinas y urea; intervalo parto-primer fase luteal y primer celo, largo de fase luteal, porcentaje de concepción a las seis semanas de servicio y preñez total y servicios por concepción. Se asumió que los errores residuales siguieran una estructura de covarianza autoregresiva del orden 1 (AR(1)). Se utilizó el procedimiento de Kenward-Rogers para ajustar los grados de libertad para estimar el nivel de significación de los efectos fijos.

Los valores de energía fueron todos estimados, en base a las fórmulas de National Research Council, (2001). La energía neta de lactación (ENL) contenida en la leche producida, mediante la fórmula $((0,0929 * \text{grasa}) + (0,0563 * \text{proteína}) + (0,0395 * \text{lactosa}) * \text{litros})$. La EN de mantenimiento (ENm) como $(0,077 * \text{PV}^{0,75})$. Se estimó la energía total aportada por el proceso de acumulación y movilización de reservas corporales durante los 160 días de lactancia en los que se disponía de suficientes datos de PV y EC. Se empleó una fórmula que considera la energía aportada (o requerida) por cada punto de EC movilizado (o depositado) entre dos estimaciones sucesivas de acuerdo al PV de la vaca y al EC del que partía (National Research Council, 2001). A la suma de la ENL, la ENm y la energía de reservas corporales se le consideró como la energía total requerida. Para estimar aproximadamente la energía que fue necesario aportar con el alimento, a la suma de la ENL y la de ENm, se le restó la energía proveniente de la movilización de reservas.

Como estimaciones de eficiencia se determinaron la eficiencia energética y la producción de kg de sólidos/kg de peso metabólico. La eficiencia energética se estimó durante los 160 días de lactancia como el coeficiente entre la energía producida en la leche/energía total requerida (Brody, 1945).

Los parámetros reproductivos intervalo parto-primer fase luteal, largo de fase luteal, intervalo parto-primer celo, intervalo parto-concepción, intervalo inicio de servicio-concepción, porcentaje de concepción a las seis semanas de servicio, porcentaje de preñez total y número de servicios/concepción, se estudiaron ajustando un modelo lineal general ya que se determinaron una sola vez en cada animal y se usó el procedimiento GENMOD del mismo paquete estadístico. Las variables de intervalo de tiempo fueron analizadas especificando la distribución de Poisson en el modelo y usando una transformación logarítmica en base 10 de los datos. Las variables de porcentaje fueron analizadas especificando la distribución binomial y con una transformación logit de los datos. Las estimaciones fueron re-transformadas para su presentación, Los datos son presentados en gráficas como medias \pm error estándar. La separación de medias de los efectos significativos fue efectuada usando el test de Tukey-Kramer al 5%, excepto cuando se especifique.

RESULTADOS

Producción de leche

La producción de leche a los 240 días de lactancia fue afectada por la línea genética. Las vacas HU-HFNZ produjeron menos leche que las HU (23,9 \pm 0,4 vs. 24,4 \pm 0,4 L/vaca/día respectivamente P=0,03, Figura 1). Esto se asoció al mayor pico de producción de las vacas HU de tercera lactancia, lo que fue consistente con los bajos porcentajes de grasa en estas vacas.

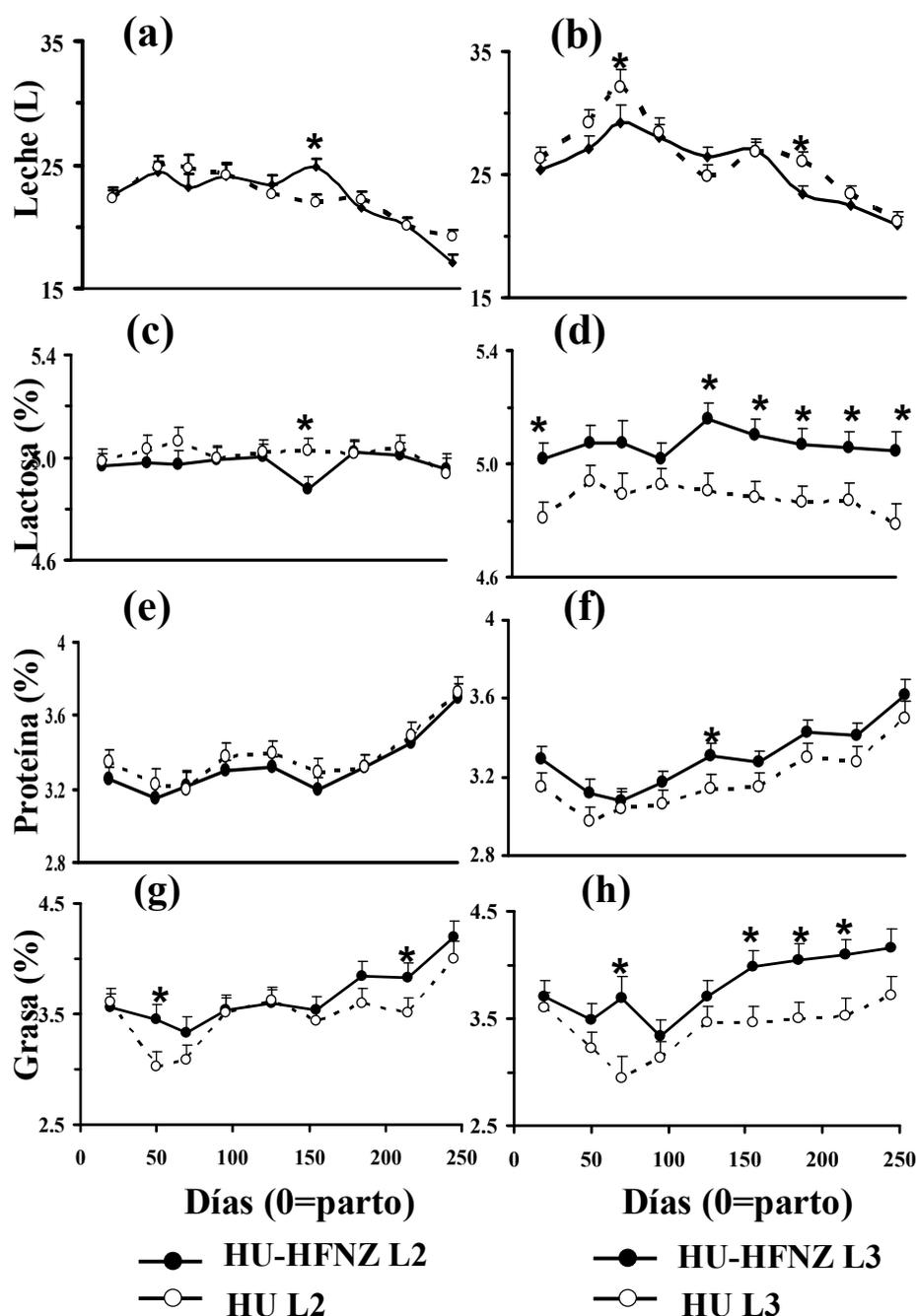


Figura 1. Producción de leche, (a, b), porcentaje de lactosa (c, d), proteína (e, f), y grasa (g, h) en vacas de dos (L2) y tres (L3) partos Holando uruguayo (HU, n=31) y cruce Neocelandés (HU-HFNZ, n=31).

Los porcentajes de grasa y lactosa resultaron mayores en las vacas HU-HFNZ que en las HU ($3,72 \pm 0,05$ vs. $3,44 \pm 0,05\%$ y $5,02 \pm 0,02$ vs. $4,94 \pm 0,02\%$, $P < 0,0001$) y el porcentaje de proteína tendió también a ser mayor en las vacas HU-HFNZ ($3,31 \pm 0,02$ vs. $3,27 \pm 0,02\%$, $P = 0,08$). Se detectó una interacción entre línea genética y paridad; los porcentajes de grasa y proteína no presentaron diferencias entre vacas de segunda y tercera lactancia HU-HFNZ, sin embargo en las vacas HU, el porcentaje de proteína de las vacas de segunda lactancia fue mayor que en las de tercer lactancia, ($P = 0,0005$). La diferencia en la concentración de lactosa entre HU-HFNZ y HU se debió a las vacas de tercera lactancia, en las que ésta fue mayor en las HU-HFNZ que en las HU (Tabla II y Figura 1).

La producción acumulada de leche, grasa, proteína y sólidos totales de valor económico en leche (grasa + proteína), corregidas a 305 días de lactancia no resultaron afectadas por la línea genética (Tabla II), aunque sí lo fueron por la paridad; las vacas de tercer lactancia produjeron más leche y grasa que las de segunda lactancia. Se presentó una interacción entre línea genética y paridad; a pesar de que la producción de proteína y sólidos totales fue mayor en las vacas de tercera lactancia HU-HFNZ que en las de segunda HU-HFNZ, en las vacas HU no hubo diferencias entre lactancias. La producción de sólidos por kg de peso metabólico fue mayor en las vacas HU-HFNZ que en las vacas HU ($4,5 \pm 0,04$ y $4,15 \pm 0,04$ kg respectivamente, $P = 0,01$).

Tabla II: Promedio \pm error estándar pooledos de producción y composición de leche diaria durante los primeros 240 días de lactancia y producción acumulada a los 305 días de lactancia de Holando Uruguayo (HU) y cruce Holstein Friesian Neocelandés (HU-HFNZ) acorde al número de lactancia que experimentaron.

Variable	Segunda lactancia		Tercer lactancia	
	HU-HFNZ (n=18)	HU (n=13)	HU-HFNZ (n=18)	HU (n=13)
<i>Composición de leche a los 240 días</i>				
Producción diaria de leche (L/vaca/día)	22,3 \pm 0,6 ^a	22,4 \pm 0,6 ^a	25,5 \pm 0,7 ^b	26,5 \pm 0,7 ^c
Grasa (%)	3,72 \pm 0,08 ^a	3,59 \pm 0,08 ^b	3,89 \pm 0,09 ^a	3,39 \pm 0,09 ^b
Proteína (%)	3,32 \pm 0,03 ^{ax}	3,37 \pm 0,03 ^{ay}	3,30 \pm 0,04 ^a	3,18 \pm 0,04 ^b
Lactosa (%)	4,92 \pm 0,03 ^{ax}	5,02 \pm 0,02 ^{ay}	5,06 \pm 0,03 ^b	4,85 \pm 0,03 ^c
<i>Producción acumulada por 305 días de lactancia</i>				
Leche (L/vaca)	6,189 \pm 338 ^a	5,980 \pm 97 ^a	7,627 \pm 602 ^b	7,357 \pm 439 ^b
Grasa (kg)	217 \pm 12 ^a	219 \pm 14 ^a	293 \pm 21 ^b	243 \pm 16 ^b
Proteína (kg)	195 \pm 10 ^a	200 \pm 11 ^a	252 \pm 17 ^b	224 \pm 14 ^{ab}
Sólidos (Grasa + Proteína) (kg)	413 \pm 26 ^a	417 \pm 31 ^a	547 \pm 48 ^b	468 \pm 33 ^{ab}

^{a, b, c} Promedios dentro de la misma fila difieren significativamente ($P < 0,05$).

^{x, y} Promedios dentro de la misma fila difieren significativamente ($P < 0,1$).

Peso vivo y estado corporal

Las vacas HU-HFNZ fueron más livianas que las HU ($520,5 \pm 4,6$ vs. $569,7 \pm 4,7$ kg $P < 0,005$ respectivamente) y las vacas de tercer lactancia resultaron más pesadas que las de segunda lactancia en ambas líneas genéticas ($553 \pm 6,7$ kg y $535 \pm 5,6$ kg respectivamente, $P < 0,05$). La diferencia de peso de la situación de partida, se mantuvo durante el experimento.

El EC de las vacas de las dos líneas genéticas aumentó desde los 60 a 30 días previos al parto y comenzó a disminuir a partir de los 30 días pre-parto, tendencia que se agudizó alrededor del parto (Figura 2). El EC al parto de las vacas HU-HFNZ fue menor que el de las HU ($3,28 \pm 0,7$ vs $3,52 \pm 0,7$ $P < 0,0001$). Las vacas HU-HFNZ L2 no mejoraron el EC en el pre-parto. Las vacas HU L3 perdieron más EC en el período peri-parto, Durante el experimento a partir de los

dos meses pre-parto y hasta los seis meses de lactancia, las vacas HU-HFNZ presentaron menor EC que las HU ($2,96 \pm 0,02$ vs. $3,02 \pm 0,02$, respectivamente, $P = 0,003$). Las vacas HU-HFNZ L3 presentaron el menor EC durante el experimento ($P < 0,0001$).

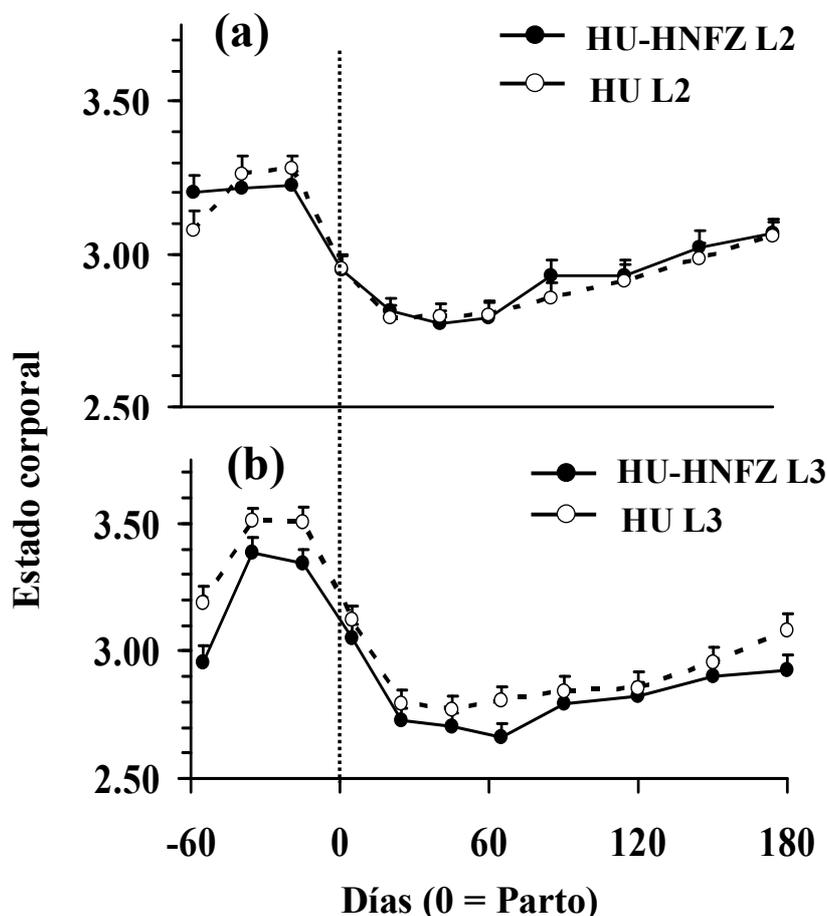


Figura 2: Evolución del estado corporal en vacas de dos y tres partos (L2, L3) Holstein uruguayo (HU, n=31) y crucea neocelandés (HU-HFNZ, n=31).

Eficiencia energética

La ENL producida estimada no fue diferente entre líneas genéticas ($16,6 \pm 0,3$ vs. $16,2 \pm 0,3$ Mcal/vaca/día, en HU-HFNZ y HU respectivamente). La ENm calculada fue menor en las vacas HU-HFNZ que los de las vacas HU ($8,7 \pm 0,1$ vs. $9,3 \pm 0,1$ Mcal/vaca/día, $P=0,01$). La energía de reservas corporales fue menor en las vacas HU-HFNZ que en las vacas HU ($0,5 \pm 0,06$ vs. $0,9 \pm 0,06$ Mcal/vaca/día, $P<0,0001$). La energía consumida, no varió entre las vacas de ambas líneas genéticas ($24,8 \pm 0,3$ vs. $24,6 \pm 0,3$ Mcal/vaca/día en HU-HFNZ y HU, respectivamente), lo que se relaciona con la alimentación planificada en el diseño experimental. La energía total requerida fue $25,8 \pm 0,3$ vs. $26,4 \pm 0,3$ Mcal/vaca/día en vacas HU-HFNZ y HU respectivamente, $P=0,15$.

La eficiencia de utilización de la energía para producción de leche corregida por pérdidas de EC hasta los 160 días fue mayor en las vacas HU-HFNZ que en las HU ($0,664 \pm 0,01$ vs. $0,645 \pm 0,01$, $P = 0,02$).

Concentraciones plasmáticas de hormonas y metabolitos

No se presentaron diferencias en las concentraciones sanguíneas de NEFA y BHB entre vacas de distintas líneas genéticas ($0,38 \pm 0,01$ vs. $0,34 \pm 0,01$, mmol/L, $P=0,14$ para NEFA y $0,57 \pm 0,02$ vs. $0,54 \pm 0,02$, mmol/L, $P=0,41$ para BHB en vacas HU-HFNZ y HU respectivamente). La paridad no afectó significativamente las concentraciones de NEFA, las que aumentaron alrededor del parto; las vacas HU L3 y las HU-HFNZL2 fueron las que presentaron los mayores incrementos en el peri-parto ($P < 0,05$, Figura 3a y b). Mientras que las concentraciones de NEFA retornaron a los niveles basales a 30 días post-parto, las vacas HU-HFNZ L3 demoraron más en retornar a las concentraciones iniciales.

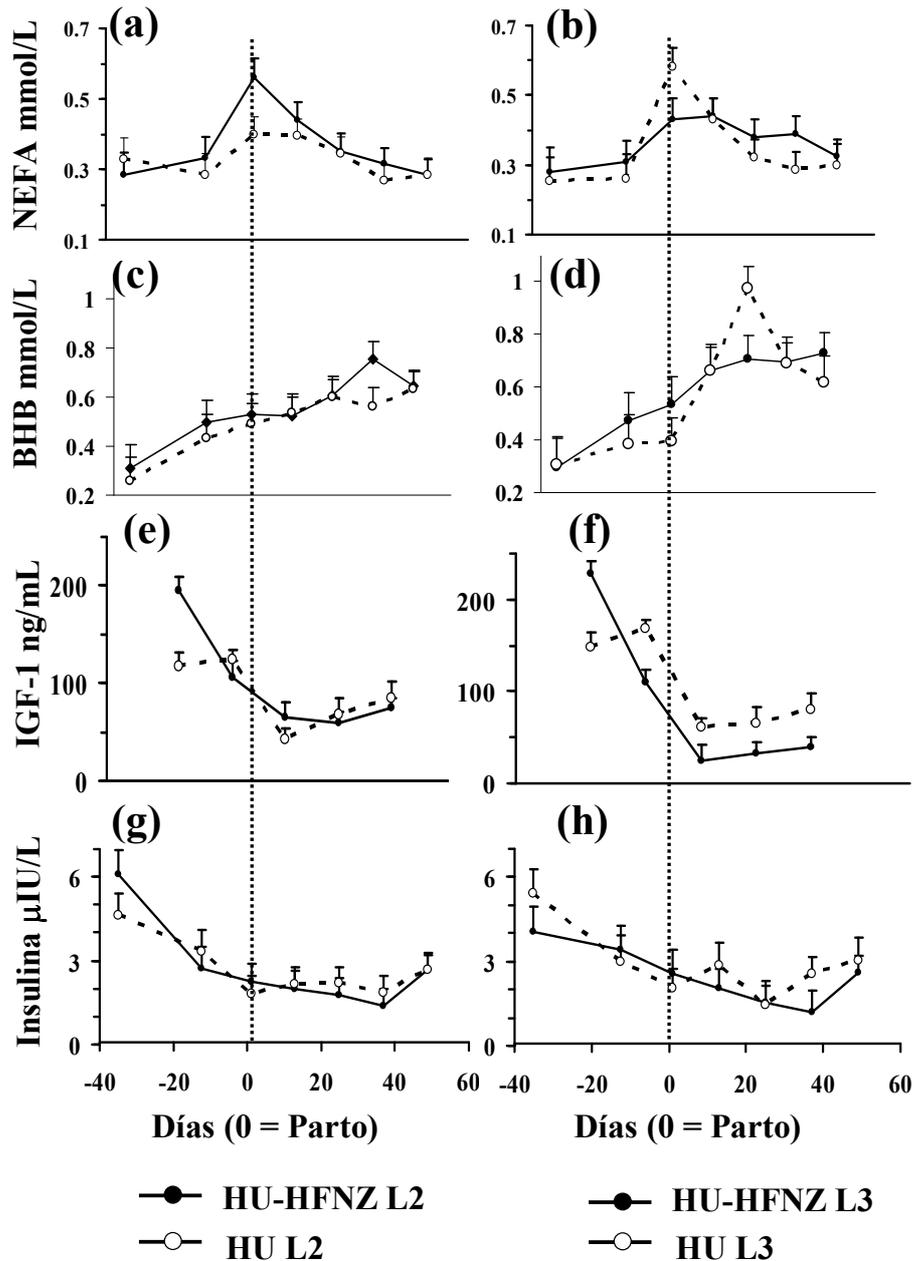


Figura 3: Concentraciones de ácidos grasos no esterificados (NEFA a, b), β -hidroxibutirato (BHB, c, d), factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 (IGF-1, e, f) e insulina (g, h) en vacas de dos y tres partos (L2, L3) Holstein uruguayo (HU, n=31) y Holstein uruguayo x Holstein Friesien neocelandés (HU-HFNZ, n=31).

Las concentraciones de BHB no fueron diferentes entre líneas genéticas y lactancias, ascendieron desde los 20 días pre-parto y se mantuvieron altas. Solamente las vacas HU L3 mostraron un aumento marcado de BHB en torno a los 20 días post-parto ($P < 0,02$, Figura 3c y d).

No se presentaron diferencias en las concentraciones de insulina entre líneas genéticas ni entre paridades. Las mismas comenzaron a descender a partir de la primera muestra a los 35 días pre-parto y se mantuvieron bajas hasta los 40 días post-parto (Figura 3g y h). A los 35 días previos al parto tendieron a ser mayores en las vacas HU-HFNZ L2 que en las HU-HFNZ L3 ($P = 0,06$).

No se presentaron diferencias entre líneas genéticas ni paridades en las medias de las concentraciones sanguíneas de IGF-1. Las mismas comenzaron a descender alrededor del parto y no retornaron a sus niveles basales durante el post-parto (Figuras 3e y f). Las vacas HU-HFNZ presentaron concentraciones mayores en torno a los 20 días pre-parto que las HU ($P=0,01$). Mientras que en las vacas HU-HFNZ, las concentraciones de IGF-1 ya habían comenzado a descender a partir de los 21 días previos al parto, en las vacas HU se observó un descenso a partir de la semana pre-parto. Se presentó una interacción línea genética-lactancia; la disminución de las concentraciones plasmáticas de IGF-1 fue mayor en las vacas HU-HFNZ L3 que en las HU-HFNZ L2, encontrándose, en la semana posterior al parto, mayores concentraciones de IGF-1 en las vacas HU-HFNZ L2 que en las vacas HU-HFNZ L3 ($P < 0,05$).

Las concentraciones plasmáticas de proteína total fueron significativamente menores en las vacas HU-HFNZ que en las HU ($75,7 \pm 0,61$ vs. $79 \pm 0,62$ g/L, $P < 0,0001$). La paridad afectó las concentraciones proteicas en plasma, presentando las vacas L3 mayores concentraciones que las L2 ($P=0,05$). Las concentraciones proteicas plasmáticas comenzaron a disminuir por los 20 días antes del parto, llegaron a un mínimo al parto, y ascendieron a partir del mismo (efecto período $P < 0,0001$). En las vacas HU-HFNZ L2 las concentraciones de proteína en plasma se mantuvieron consistentemente bajas con respecto a las vacas HU L2 durante el experimento (Figura 4a).

Las concentraciones de albúmina durante el pre-parto resultaron mayores en las vacas HU-HFNZ que en las HU ($P = 0,005$), no se vieron afectadas por la paridad, aumentaron alrededor del parto en las HU-HFNZ aunque se mantuvieron estables en las vacas HU. En las vacas HU L3, las concentraciones de albúmina disminuyeron hacia el día 20 post-parto y se mantuvieron bajas hasta el final del experimento (Figuras 4 c d). Las concentraciones plasmáticas de globulinas fueron mayores en las vacas HU que en las HU-HFNZ ($P = 0,005$, datos no mostrados).

Las concentraciones de colesterol de las vacas HU-HFNZ fueron mayores que las de las vacas HU ($3,55 \pm 0,09$ vs. $3,37 \pm 0,09$ mM; $P = 0,01$, Figuras 4e y f) y la paridad no afectó dichas concentraciones. Las mismas comenzaron a disminuir desde el primer muestreo, 35 días pre- parto y los niveles iniciales se recuperaron a los 15 y 30 días postparto en las de tercera y segunda lactancia respectivamente.

Las concentraciones medias de urea en plasma no difirieron entre las dos líneas genéticas ni entre paridades, disminuyeron en torno a los 15 días previos al parto ($P < 0,01$), más drásticamente en las vacas HU que en las HU-HFNZ y se mantuvieron bajas hasta el fin de la experiencia (Figuras 4g y h).

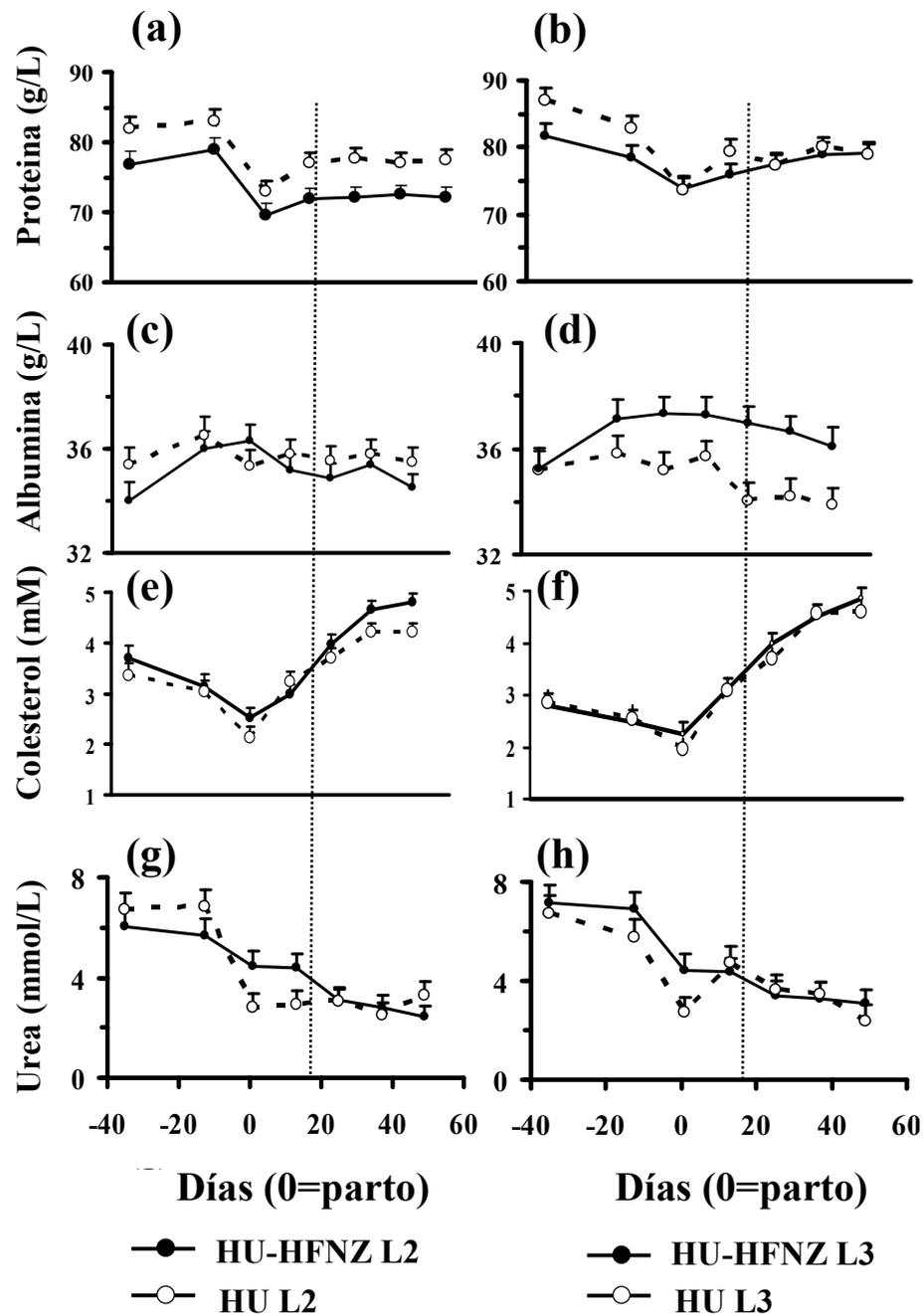


Figura 4: Concentraciones de proteína (a, b), albúmina (c, d), colesterol (e, f) y urea (g, h) en vacas de dos y tres paritos (L2, L3) Holstein uruguayo (HU, n=31) y Holstein uruguayo x Holstein Friesian neocelandés (HU-HFNZ, n=31).

Parámetros reproductivos

El intervalo parto-primer fase luteal no presentó diferencias significativas entre las líneas genéticas ni entre paridades, y su duración media fue de $45,2 \pm 5$ días. El largo de las fases luteales fue $8,9 \pm 0,4$ días (rango 3 a 18 días mín. y máx. respectivamente). El intervalo parto primer celo y el número de servicios por preñez no presentaron diferencias significativas entre las dos líneas genéticas (37 ± 5 vs. 39 ± 5 y $1,26$ vs. $1,3$ en HU-HFNZ y HU respectivamente). El intervalo inicio servicio-concepción e intervalo parto-concepción no fueron afectados por la línea genética ni por la paridad, pero la interacción entre éstas desde el punto de vista biológico tendió a afectarlos ($P = 0,12$). Mientras que en animales de tercera lactancia las vacas HU-HFNZ presentaron intervalos inicio de servicio-concepción mas cortos que las HU, lo inverso sucedió con vacas de segunda lactancia (Tabla III).

El porcentaje de preñez total (90 días de servicio) fue 79% para el total de vacas del ensayo. El porcentaje de preñez a las seis semanas de iniciado los servicios fue mayor en las vacas HU-HFNZ que en las HU (61 vs. 35 %, $P = 0,04$). Considerando la inseminación artificial y la monta natural que le precedió, el porcentaje de preñez total en las vacas HU-HFNZ tendió a ser mayor que en las HU (87 % vs. 71 %, $P = 0,08$). Una vaca HU-HFNZ y tres HU no fueron inseminadas si bien se les detectó una fase luteal a todas ellas.

Tabla III: Indicadores reproductivos de vacas Holando Uruguayo (HU) y cruce Holstein Frisian Neocelandés (HU-HFNZ) acorde al número de lactancia que experimentaron.

Variable	Segunda lactancia		Tercera lactancia		P interacción línea x lact.	P línea
	HU-HFNZ (n=18)	HU (n=18)	HU-HFNZ (n=13)	HU (n=13)		
Intervalo parto-primer ovulación (días)	55±6	41±7	43±6	38±7	NS	NS
Intervalo parto-primer celo (días)	37±9	41±6	37±6	39±7	NS	NS
Intervalo inicio servicio-concepción (días)	33±5	27±5	24±6	35±6	0,12	NS
Intervalo parto-concepción (días)	91±5	82±6	85±5	93±6	0,12	NS
Número servicios/concepción	1,31	1,36	1,3	1,22	NS	NS
Preñez 6 semanas (% ,n/n)	59(10/18)	41(7/18)	69 (9/13)	31(4/13)	NS	0,04
Preñez total (% , n/n)	83	72	92	69	NS	0,08

P = Significancia de la interacción línea genética por lactancia
NS= no significativo

DISCUSION

La producción similar de leche acumulada y de sólidos corregidos a 305 días, entre las vacas HU y HU-HFNZ sugiere que el índice económico de mérito genético empleado niveló efectivamente a las mismas cuando fueron manejadas conjuntamente en el mismo sistema de acceso libre a pasturas y concentrados. Kolver (2005) y Roche y col. (2006) en estudios comparativos entre vacas con mayor y menor porcentaje de genética Holstein americana, balanceadas por igual mérito genético y con dietas únicamente o parcialmente basadas en pasturas respectivamente obtuvieron similar producción de sólidos. Por otro lado, Macdonald y col. (2008) reportaron mayor producción total de sólidos en vacas Holstein neocelandesas con respecto a vacas Holstein americanas de igual mérito genético en sistemas de alta oferta de pastura y mínimo concentrado.

La mayor producción de leche de vacas Holstein americanas citada en la bibliografía (Kolver y col., 2002; Roche y col., 2006; Lucy y col., 2009), se observó en nuestro experimento hasta los 240 días de lactancia. Esta diferencia fue determinada por la mayor producción de leche sólo de las vacas HU L3. Se debe señalar que solamente en dos períodos de toda la lactancia, las vacas HU-L3 presentaron mayor producción que las HU-HFNZ-L3: aproximadamente a los 60 y 180 días de lactancia. Estos períodos coincidieron con el menor tiempo para pastoreo y mayor oferta de concentrado en la dieta ofrecida. Se podría especular que las vacas HU L3 presentarían un mayor consumo total y de concentrado, y que estuvieran favorecidas en la competencia debido a un PV mayor (10%), por lo cual se aproximarían a expresar su potencial de producción de leche en los momentos en que la dieta ofrecida lo permitía. Si bien este experimento no fue diseñado para probar esta hipótesis, los datos sugieren que las condiciones no controladas de manejo que caracterizan al sistema productivo en nuestro experimento –dependientes de la oferta de forraje y costos de concentrados que son muy comunes en nuestros sistemas de producción- generarían situaciones en donde la expresión de una u otra línea genética se verían potenciadas, según la disponibilidad de pasturas o de concentrados, siendo éste de acceso colectivo.

Una mayor producción de leche sostenida ya sea por mayor consumo de concentrado y/o uso de reservas de energía corporales concuerda con la hipótesis de partición de nutrientes diferencial acorde a la línea genética (ver más adelante). Las vacas Holstein americano presentaría una mayor resistencia a la insulina (Chagas y col., 2009) y por lo tanto habría una mayor disponibilidad de glucosa para la síntesis de lactosa y otros componentes lácteos. En este sentido Buckley y col. (2003) afirmaron que vacas Holstein americano o de alto mérito genético tienden a un mayor consumo por kg PV y a sustituir menos pastura que las de mérito genético menor cuando tienen acceso a pasturas combinadas con concentrados. Kennedy y col. (2003) en un estudio con vacas de mérito genético alto y medio - que se diferenciaban en el porcentaje de genética Holstein americana - reportaron una mayor producción de leche en vacas de alto mérito genético, si bien ambos grupos aumentaron la producción cuando el consumo de concentrados fue mayor. También reportaron que las concentraciones de grasa,

proteína y lactosa fueron menores en vacas de alto mérito genético. De forma similar, en nuestro experimento, la menor concentración de grasa, lactosa y proteína en leche junto al mayor volumen producido por las vacas HU hasta los 240 días puede ser interpretado como resultado de la expresión de los objetivos de selección realizada en la Holstein americana para volumen de leche conjuntamente a un efecto dilución de sólidos (Schroeder y Gagliostro, 2000). La mayor concentración proteica hallada en las vacas HU- L2 con respecto a las HU- L3, también podría explicarse por el mismo efecto. Por otro lado, en las vacas cruza, a la expresión de los objetivos de selección de la genética Holstein neocelandesa para sólidos en leche, se le adicionaría el vigor híbrido. Harris y Kolver, (2001) citan un efecto de heterosis entre Holstein americano y neocelandés de alrededor de 2 % para parámetros de producción total de grasa y leche.

El efecto de la paridad se observó en la producción de leche y sólidos totales a 305 días, presentando los animales L3 mayores producciones, como ha sido descrito previamente (Martin, 1992). Estudios realizados por diferentes investigadores en nuestro país (Meikle y col. 2004; Cavestany y col. 2005; Adrien, 2010) han reportado importantes efectos de la paridad sobre variables productivas y reproductivas. En este sentido, la investigación nacional se ha concentrado hasta el momento en la categoría de primer parto (primíparas) vs. la de más de un parto (multíparas). Sin embargo, en este trabajo el número de partos, incluso dentro de vacas multíparas, es relevante y debe de tenerse en cuenta para futuros experimentos. El hallazgo de la diferencia de producción de kg de sólidos –variable de interés económico- entre vacas de segunda y tercer lactancia HU- HFNZ, junto a la evolución del EC pre-parto, a las variables metabólicas, a la performance reproductiva (ver debajo) y a estudios realizados en la lactancia posterior (resultados no publicados) sugieren que las vacas HU-HNFZ L2 presentaban un estado energético mas comprometido –comparativamente- que las vacas HU L2.

Si bien a la selección (60 días pre-parto), el EC fue similar entre líneas genéticas, la evolución del mismo estuvo afectada por la línea genética. Durante el pre-parto ambas líneas ganaron EC siendo la HU en general la línea genética que ganó más EC y por lo tanto la que presentó mejor EC al parto. Las vacas HU-HFNZ L2 fueron las únicas que no ganaron EC en este período. En el post-parto hubo una mayor pérdida de EC de las vacas HU-L3. Esto es consistente con trabajos anteriores en los que se encontró que animales con mayor EC pierden más EC durante el peri-parto (Meikle y col., 2004; Adrien, 2010). A su vez, las vacas HU- L3 mejoraron su EC hacia el final del período de lactancia analizado siendo el EC significativamente mayor que el de las vacas HU-NZ L3 en ese momento. Al estudiar la lactancia siguiente el mayor EC de las vacas HU se mantuvo al secado y siguiente parto (resultados no publicados). Una posible explicación de este mayor EC de las vacas HU durante el experimento, es la competencia física por el consumo de concentrado. Varios trabajos (Kolver 2005; Roche y col., 2006; Macdonald y col., 2008; Lucy y col., 2009) son consistentes en señalar una mayor pérdida de EC en el post-parto en vacas Holstein americanas, como se observó en el presente estudio.

Aunque un cierto efecto de la competencia física por el alimento haya intervenido en los resultados productivos y de EC, el objetivo del trabajo planteado fue

estudiar las líneas genéticas en un mismo ambiente productivo, lo que incluye estas situaciones en momentos de déficit de pasturas, en el pre-parto y en el post-parto. Por considerar a ésta una situación característica de nuestros sistemas de producción en la que cada línea genética debe expresarse, se decidió asumir esta limitante del diseño experimental, en lugar de realizar dietas controladas, sin fluctuaciones de oferta y composición de dieta ni competencia. Además, se estimó que mantener las mismas condiciones de manejo nutricional para ambas líneas genéticas manejándolas en dos lotes separados para evitar la competencia, sería difícil de lograr en un tambo comercial.

La evolución del EC, es decir los cambios en el balance energético durante el peri-parto pueden reflejarse en indicadores de la bioquímica sanguínea. En general los perfiles plasmáticos de NEFA y BHB en el peri-parto fueron acordes a lo relevado por Lucy y col. (2001) y Meikle y col. (2004). Las mayores concentraciones de NEFA y BHB observadas en las HU-L3 en el post-parto temprano es consistente con la mayor pérdida de EC que presentó este grupo de vacas y refleja un mayor balance energético negativo en éstas (Ingvarsen y Anderson, 2000). El descenso de la proteína plasmática total en torno al parto que se registró en todas las vacas, podría deberse a la disminución del consumo previo al parto y al direccionamiento de las globulinas hacia la producción de calostro, como ha sido reportado (Cavestany y col. 2005). Si bien las vacas HU presentaron mayores concentraciones de proteínas plasmáticas, las concentraciones de albúmina fueron menores en este grupo que en las vacas HFNZ. La albúmina representa aproximadamente la mitad de las proteínas plasmáticas totales y refleja un buen estado energético/nitrogenado. La diferencia encontrada en las proteínas plasmáticas pre-parto se basa en el componente de globulinas que es mayor en las HU. Las mayores concentraciones de albúmina y menores de NEFA y BHB halladas en las vacas HU-HFNZ L3 están asociadas a una menor pérdida de EC y sugieren que la adaptación metabólica a la lactación durante el período de transición fue mejor en este grupo de vacas que en las HU-L3. A diferencia de lo reportado por Cavestany y col. (2005), las concentraciones de urea en el post-parto se mantienen bajas durante el experimento. Esto se pueden relacionar a los cambios en la frecuencia de suplementación y la calidad del alimento ofrecido: en el post-parto hubo una mayor disponibilidad de carbohidratos solubles, dado por el aumento en el nivel de concentrados, que permitiría una mejor utilización del amonio ruminal.

La movilización de reservas corporales y los perfiles de NEFA y BHB se vieron reflejados en las hormonas vinculadas al desacople del eje somatotrófico. Las concentraciones plasmáticas de insulina y de IGF-1 en torno al parto presentaron un patrón consistente con lo citado en la bibliografía (Holtenius y col., 2003; Butler, 2003; Meikle y col., 2004; Cavestany y col., 2005). Las vacas HU-HFNZ L2 presentaron un menor descenso de la concentración de IGF-1 respecto a las HU-HFNZ L3, lo que sugiere un desacople menos efectivo en esta categoría y está asociado a una menor producción de leche, aunque no se vio asociado a un mejor comportamiento reproductivo. Wathes y col. (2007) reportaron que las concentraciones de IGF-1 eran mayores en vacas más jóvenes lo que se vincula al rol de esta hormona como promotora del crecimiento. El período anovulatorio post-parto resultó mayor a los registrados en otros experimentos en nuestro país (Meikle y col. 2004; Cavestany y col., 2005; Adrien 2010), y fueron similares entre las líneas genéticas. La bibliografía cita menores intervalos parto-primera

ovulación en vacas Holstein americanas comparadas con neocelandesas (Kolver y col., 2000; Macdonald y col., 2008) aunque dicha diferencia no se refleja en mayor preñez. Apoyando la hipótesis de diferente partición de nutrientes y energía entre líneas genéticas, tampoco Chagas y col. (2009) hallaron relación entre período de resistencia a la insulina e intervalo anovulatorio post-parto, el que fue similar entre las dos líneas de Holstein (americana y neocelandesa). Si bien el porcentaje de preñez general hallado en nuestro experimento tendió a ser 10% mayor en las vacas HU-HFNZ que en las HU, la diferencia reproductiva más relevante fue en la preñez temprana. A las seis semanas del inicio del período de inseminación las vacas HU-HFNZ concibieron 26% más que las HU, (61 vs. 35 % respectivamente). Esto es de relevancia ya que posibilita menores intervalos inter-parto y mayor tiempo productivo de las vacas lecheras, aspectos limitantes en la reproducción del rodeo lechero nacional. Kolver y col. (2000); Macdonald y col. (2008) y Coleman y col. (2009) comparando vacas Holstein americanas y neocelandesas, a pastoreo y con mínimos pero crecientes niveles de concentrado constataron mayor porcentaje de preñez en las neocelandesas. En nuestro experimento si bien se estudió un solo año y se considera que el número de animales es bajo, las diferencias encontradas son importantes. Se debe tener en cuenta que parte de la diferencia reproductiva entre líneas genéticas se puede deber al vigor híbrido, favoreciendo directamente la preñez de las vacas HU-HFNZ, Harris y Kolver, (2001) citan el efecto de heterosis entre vacas Holstein neocelandesas y americanas, en reproducción.

El balance energético y las señales endócrinas que lo modulan, podrían estar en la base de esta diferencia de preñez. En ese sentido la interacción entre línea genética y paridad encontrada para algunas variables reproductivas concuerdan con la expresión productiva y el estatus metabólico de los grupos. La diferencia mencionada de 134 kg menos de sólidos producidos por las vacas HU-HFNZ L2 en relación a las L3 de la misma línea genética, contrasta con las vacas HU-L3, que tuvieron la misma producción en kg de sólidos que las HU-L2. En el caso de las HU, sugerimos que el balance energético negativo fue más pronunciado y esto afectó negativamente la producción de leche y la reproducción. Por otro lado, el desempeño productivo y reproductivo observado en las vacas HU-HFNZ L2 fue asociado a que estas eran más jóvenes (menos desarrolladas) que sus pares HU. Para evaluar esta hipótesis, se continuó el estudio durante la lactancia siguiente (año 2008, resultados no publicados). Las vacas HU-HFNZ L2 fueron las que tuvieron mayor ganancia de PV en la siguiente lactancia (65 ± 7 vs. 51 ± 10 , 43 ± 8 y 41 ± 11 kg para HU-HFNZ L2, HU L2, HU-HFNZ L3 y HU L3, respectivamente, $P=0,08$ entre L2 de ambos biotipos). Esto podría sugerir que estas vacas desviaron energía para crecimiento durante el experimento.

En este experimento, la mayor eficiencia de producción de sólidos por peso metabólico de las vacas HU-HFNZ con respecto a las HU se explica por el menor costo de mantenimiento y posiblemente por una partición diferencial de nutrientes y energía. Las estimaciones energéticas realizadas permiten inferir que las dos líneas genéticas logran una producción similar de sólidos y de energía en leche a través de rutas diferentes: con un mayor gasto en mantenimiento debido a sus 49 kg más de PV, las vacas HU utilizaron más energía proveniente de la movilización de reservas que las HU-HFNZ. Kolver (2005) en el sistema pastoril constataron mayor eficiencia de producción de sólidos por kg PV en las Holstein neocelandesas aunque la misma fue similar en el sistema TMR. Lucy y col.

(2009) constataron una mayor producción de energía en leche en vacas Holstein americanas con respecto a vacas Holstein neocelandesas durante la lactancia temprana pero no en toda la lactancia. Estos autores sugirieron que las diferencias encontradas en el desacople del eje somatotrófico acorde a las líneas genéticas durante la lactancia temprana, explicarían la relación entre producción de leche, pérdida de EC y disponibilidad de alimento. En el presente experimento, sin embargo, las diferencias en las concentraciones de IGF-1 no nos permiten apoyar esta hipótesis, lo que justificaría futuros estudios diseñados para este fin.

CONCLUSIONES

Vacas de diferentes líneas genéticas seleccionadas por mérito económico en la lactancia previa no presentaron diferencias en producción de sólidos en leche en el mismo sistema productivo en que se seleccionaron.

La eficiencia -producción de sólidos de leche por peso metabólico- fue mayor en las vacas HU-HFNZ fundamentalmente debido al menor PV de éstas.

El desempeño reproductivo fue mejor en las vacas HU-HFNZ que en las HU.

En vacas de tres lactancias, las diferencias en las variables endócrinas y metabólicas observadas en ambas líneas genéticas sugieren una partición de nutrientes y energía diferente; en la que las vacas HU utilizan mayor energía proveniente de las reservas corporales, mientras que en las HU-HFNZ hay un menor gasto de energía de mantenimiento. En vacas de dos lactancias, las diferencias productivas, el estado corporal y las hormonas metabólicas sugieren un menor status energético de las HU-HFNZ con respecto a las HU, y se sugiere un menor desarrollo de éstas.

PERSPECTIVAS

El sistema de producción del experimento presentó las características típicas de un tambo uruguayo de alta producción, y los niveles de concentrado ofrecidos se aproximaron a los considerados como -alta suplementación- en los estudios citados. Estas condiciones que teóricamente no limitarían productivamente a las vacas Holstein uruguayas, sin embargo, no reflejan ninguna diferencia productiva de importancia económica, aunque sí un mayor costo de mantenimiento para estas vacas. Sería interesante que la inversión en genética Holstein para mayor volumen de producción de leche en nuestro país se enfocara con esta perspectiva. Considerando el patrimonio que debería constituir la genética lechera nacional y

la sanidad animal (entre otros aspectos como base forrajera y recursos humanos, para un país agropecuario), la investigación en estas podría vislumbrarse como un compromiso aún pendiente para el país. Paralelamente, las ineficiencias en reproducción y en la salud en relación al metabolismo en vacas de alta producción, justifican la incorporación a la investigación en producción animal y en las evaluaciones genéticas. Estos factores aumentan la complejidad de los sistemas ya exigidos en recursos humanos y organización, planificación y disponibilidad de capital. En este sentido, se destaca la necesidad de evaluaciones genéticas que consideren las eficiencias productivas de interés económico para el sistema lechero uruguayo, tal como el índice económico de mérito genético empleado en esta experiencia. La caracterización y apropiación de un sistema de producción lechero nacional, diferente al neocelandés, americano o irlandés, amerita que la investigación lo asuma como escenario imprescindible. En este sentido, el presente experimento, sienta bases para futuros diseños experimentales de estudios de líneas genéticas en sistemas productivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Adrien ML (2010). Regulación nutricional del estado corporal al inicio del período de transición en vacas lecheras en condiciones de pastoreo: Efectos Sobre Producción De Leche, Reinicio De La Ciclicidad. Tesis de Maestría. Facultad de Veterinaria UDELAR.
2. Artagaveytia J & Giudice, G (2008). Costos y criterios para la planificación Jornada técnica Conaprole. Octubre de 2008. Florida Uruguay. Disponible en: www.conaparole.com.uy, fecha de consulta 11 de junio de 2010.
3. Bauman D E & Currie W B (1980). Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63:1514-1529.
4. Bauman DE (2000). Regulation of nutrient Partitioning During Lactation: Homeostasis and Homeorhesis Revisited CAB International In: *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction* (ed. P.B. Cronjé, Cap.18, pp. 311-323).
5. Beam SW & WR Butler (1997). Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol. of Reproduction*, 56: 133-142.
6. Bryant J, López-Villalobos, Holmes C and Pryce J (2005) Simulation modelling of dairy cattle performance based on knowledge of genotype, environment and genotype by environment interactions: current status. *Agricultural Systems* 86(2) 121-143.

7. Brody S (1945) In: Bioenergetic and growth. (Reinhold Publishing Corporation New York. pp.1023).
8. Bryant, AM (1986). Major determinants of milk production from grazed pasture in New Zealand. *Int. Dairy Fed. Bull.* 199:3-6.
9. Buckley F, O'Sullivan K, Mee JF, Evans RD and P Dillon (2003). Relationships Among Milk Yield, Body Condition, Cow Weight, and Reproduction in Spring-Calved Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 86:2308-2319.
10. Butler WR (1999). Nutritional effects on resumption of ovarian cyclicity and conception rate in postpartum dairy cows. In: *Fertility in the High-Producing Dairy Cow*. Diskin, M Ed. British Society of Animal Science.
11. Butler WR & Smith RD (1989). Interrelationships between energy balance and postpartum function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72(3): 767-83.
12. Butler WR (2003). Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Prod. Sci.* 83:211-218.
13. Cavestany D (2000) Temas de lechería: reproducción. Serie técnica 115, INIA La Estanzuela pp.1-10.
14. Cavestany D, Blanc JE, Kulscar M, Uriarte G, Chilibroste P, Meikle A, Febel H, Ferraris A & Krall, E (2005). Studies of the transition cow under pasture based milk production system: metabolic profiles. *J. Vet Med A.* 52:1-7.
15. Coleman J, Pierce KM, Berry D, Brennan A& Horan, B(2009). The influence of genetic selection and feed system on reproductive performance of spring-calving dairy cows within future pasture-base production systems *J. Dairy Sci.* 92:5258-5269.
16. Chagas LM, Gore PJS, Sheahan AJ, Lee JM, Watkins KA, Aspin PW & Roche JR (2006). Diet or strain: effects on postpartum anovulatory interval in dairy cows. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 66:339-342.
17. Chagas LM, Lucy MC, Back PJ, Blache D, Lee JM, Gore PJ, Sheahan AJ& Roche JR (2009). Insulin resistance in divergent strains of Holstein-Friesian dairy cows offered fresh pasture and increasing amounts of concentrate in early lactation. *J. Dairy Sci.* 92(1):216-22.
18. Chilliard, Y. (1999). Metabolic adaptations and nutrient partitioning in the lactating animal In: *Biology of lactation* (ed. Martinet, J. & Houdebine, H.H Cap.20, pp503-551).
19. Chilibroste P (2002). Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño-

invernal. X Congreso Latinoamericano de Buiatría XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú Uruguay. pp.90-96.

20. Chilibroste P, Meikle A., Mattiauda D.A., Bentancur O. y Soca P. (2010). The American Holstein Dairy Cow During Early Lactation: Grazer or Browser?.
In: An overview of research and pastoral-based system in the Southern part of South America. Ed. Machado C., Wade M, Carneiro Da Silva S., Agnusdei M., De Faccio Carvalho P., Morris S. and Beskow W. First Edition. pp 154-167. ISBN 978-950-658-239-5.
21. Danell ÖE (1980) Studies concerning selection objectives in animal breeding. Report 42. Department of Animal Breeding and genetics. Swedish. University of agricultural Science. Uppsala. ISBN 91-576-0464-9.
22. de Feu MA, Patton J, Evans AC, Lonergan P & Butler ST (2008). The effect of strain of Holstein-Friesian cow on size of ovarian structures, periovulatory circulating steroid concentrations, and embryo quality following superovulation *Theriogenology*, 70(7):1101-10.
23. DIEA (2003). Anuario estadístico agropecuario 2003. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Uruguay. Disponible en www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7.5.27.O.S.0.MNU;E;2;16;10. Fecha de consulta: 11 de junio de 2010.
24. DIEA (2009a). Estadísticas del sector lácteo 2008. Serie Trabajos Especiales N° 282. Disponible en: www.mgap.gub.uy/Diea Fecha de consulta 11 de junio de 2010.
25. DIEA (2009b). La producción lechera en el Uruguay Año 2007. Serie Encuestas, N° 278. Disponible en www.mgap.gub.uy/Diea. Fecha de consulta 11 de junio de 2010.
26. Dillon P, Berry DP, Evans RD, Buckley F & Horan, B (2006). Consequences of genetic selection for increased milk production in European seasonal pasture based systems of milk production. *Livestock Science* 99:141-158.
27. Drackley JK (1999) Biology of dairy cow during the transition period: the final frontier? *J. Dairy Sci.* 82: 2259-2273.
28. Drackley JK (2000) In: *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. (CAB International. Ed. JPF D'Mello. Cap.5, pp: 97-117).
29. Edmonson AJ, Lean LJ, Weaver LD, Farver T & Webster G (1989). A body condition scoring chart for Holstein Dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72: 68-78.

30. FUCREA (2009). Presentación de resultados de Lechería: Gestión del ejercicio 08/09. Ing. Agr. Patricio Rodiño. Disponible en: www.fucrea.org.uy. Fecha de consulta: 20 de julio de 2010.
31. Gong JG (2002). Influence of metabolic hormones and nutrition on ovarian follicle development in cattle: practical implications. *Domest. Anim. Endocrinol.* 23:229-241.
32. Grummer, RR (1995). Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim Sci.* 73: 2820-2833.
33. Gutierrez CG, Gong JG, Bramley TA, & Webb R (2006). Selection on the predicted breeding value for milk production delays ovulation independently of changes in follicular development milk production and body weight. *Anim. Reprod. Sci.* 95:193-205.
34. Hansen, LB (2000). Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. *J. Dairy Sci.* 83: 1145-1150.
35. Harris BL, Clark JM & Jackson RG (1996). Across breed evaluation of dairy cattle. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 56:12-15.
36. Harris BL & Kolver ES (2001) A review of Holsteinization on intensive pastoral dairy farming in New Zealand. *J. Dairy Sci.* 84:E56-E61.
37. Holtenius K, Agenas 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.
38. Holmes C W (1988). Genetic merit and the efficiency of milk production by the dairy cow. In: *Nutrition and lactation in the dairy cow.* (Ed. Garnsworthy, P. C. Butterworths .London. pp. 429).
39. Holmes C W (2007). Bajos costos de producción de leche a partir de forrajes pastoreados. *Jornada Técnica de Conaprole Est. El Alba. Colonia Uruguay.*
40. Horan B, Dillon P, Faverdin P, Delaby L, Buckley F & Rath M, (2005). The Interaction of Strain of Holstein-Friesian Cows and Pasture-Based Feed Systems on Milk Yield, Body Weight, and Body Condition Score. *J. Dairy Sci.* 88:1231-1243.
41. Ibarra, D (2002). Indicadores reproductivos de la cuenca lechera de Conaprole en los servicios de otoño 2001. *XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú Uruguay. Pp: 256-258.*
42. IICA (2005). Evolución del sector agropecuario 1984-2004: balance y perspectivas. Disponibe en:www.iica.org.uy. Fecha de consulta:20 julio 2010.

43. Ingvartsen, KL & Andersen JB (2000). Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.* 83: 1573-1597.
44. INML (2009). Evaluación genética nacional. Raza Holando Disponible en www.inml.org.uy
45. Kay JK, Phyn CV, Roche JR, Kolver ES (2009). Extending lactation in pasture-based dairy cows. II: Effect of genetic strain and diet on plasma hormone and metabolite concentrations. *J. Dairy Sci.*, 92(8):3704-13.
46. Kennedy JP, Dillon P, Delaby L, Faverdin P, Stakelum G, & Rath, M. (2003). Effect of genetic merit and concentrate supplementation on grass intake and milk production with Holstein-Friesian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:610-621.
47. Kobayashi YC, Boyd K, Lamberson WR, Keisler DH & Lucy MC (1999) Reduced growth hormone receptor (GHR) messenger RNA in liver of periparturient cattle is caused by specific down-regulation of GHR 1A that is associated with decreased insulin-like growth factor-1. *Endocrinology* 140:3947-3954.
48. Kolver ES & Muller LD (1998). Performance and Nutrient Intake of High Producing Holstein Cows Consuming Pasture or a Total Mixed Ration. *J. Dairy Sci.* 81:1403-1411.
49. Kolver ES, Roche JR, Thorne PL, De Veth MJ & Napper RA (2002). Total mixed rations versus pasture diets: Evidence for a genotype x diet interaction in dairy cows performance. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 62: 246-251.
50. Kolver ES (2003). Nutritional limitations to increased production on pasture-based Systems. *Proceedings of the Nutrition Society* 62: 291-300.
51. Kolver ES (2005) A Comparison of Holstein Friesian Strains for South Island Dairyng. [http://www.mcmconferences.com/dairy/PDF/Feed%20 Conversion%20 Efficiency/Eric%20Kolver%20](http://www.mcmconferences.com/dairy/PDF/Feed%20Conversion%20Efficiency/Eric%20Kolver%20). Fecha de consulta: 21 de julio de 2010.
52. Krall E, Córdoba G, Blanc JE, Gil J, Bentancur O (1992). Relación entre condición corporal y performance reproductiva en ganado lechero. XXI Jornadas Uruguayas de Buiatría Paysandú Uruguay: 120-125.
53. Laborde D, Holmes CW, García Muniz JG & Wichtel J (1998). Reproductive performance of Holstein-Friesian cows that differ genetically for live weight. *Proc. NZ. Soc. Anim. Prod.* 58:73-75.
54. LIC (2006). Sire Summary. Livestock Improvement Corporation, Hamilton, New Zealand. pp320.

55. Lopez-Villalobos N, Garrick DJ, Holmes CW, Blair HT, Spelman RJ. (2000) Profitabilities of some mating systems for dairy herds in New Zealand. *J. Dairy Sci.* 83(1):144-53.
56. Lucy MC, Jiang H & Kobayashi Y (2001) Changes in the somatotrophic axis Associated with the initiation of Lactation. *J. Dairy Sci*, 84 (E. Suppl.):E113-119.
57. Lucy MC, Verkerk GA, Whyte BE, Macdonald KA, Burton L, Cursons RT, Roche JR & Holmes CW (2009). Somatotrophic axis components and nutrient partitioning in genetically diverse dairy cows managed under different feed allowances in a pasture system. *J. Dairy Sci.* 92(2):526-39.
58. Macdonald KA, Mc Naughton LR, Verkerk GA, Penno JW, Burton LJ, Berry DP, Gore PJ, Lancaster JA & Holmes CW (2007). A comparison of three strains of Holstein Friesian. *J. Dairy Sci.* 90:3993-4003.
59. Macdonald KA, Verkerk GA, Thorrold BS, Pryce JE, Penno JW, McNaughton LR, Burton LJ, Lancaster JA, Williamson JH & Holmes CW (2008). A comparison of three strains of Holstein-friesian grazed on pasture and managed under different feed allowances, *J. Dairy Sci.* 91(4):1693-707.
60. MacMillan KL, Lean JL & Wetwood CT (1996). The effects of lactation on the fertility of dairy cows. *Aust. Vet. J.* 73:141-147.
61. MacNamara J,P (2000) Integrating the effect of genotype and nutrition on utilization of body reserves during lactation of dairy Cattle. (In: CAB International Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. Chap. 20, pp353-369).
62. Martin TG (1992). Production and longevity of dairy cattle In Large dairy herd management. Ed. Van Horn & Wilcox.. Chap 6, pp.50-58.
63. Mc Naughton LR, Verkerk GA, Parkinson KA, Macdonald KA & Holmes CW,(2003). Postpartum anoestrus interval and reproductive performance of three genotypes of Holstein- Friesian cattle managed in a seasonal pasture-based dairy system. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 63:77-81.
64. Meikle A, Kulscar M, Chilliard Y, Febel H, Delavaud C, Cavestany D & Chilibroste P. (2004). Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. *Reproduction* 127: 727-737.
65. Meyer J, Gore P, Macdonald K, Holmes C, & Lucy MC (2004). Effect of genetic strain, feed allowance and parity on interval to first ovulation and the first estrous cycle in pasture-managed dairy cows. *J. Anim. Sci. Suppl.* 1, 83: M265.
66. National Research Council (2001). Chap.2, pp13-25. Disponible en

<http://books/nap/edu/openbook/0309069971/gifmid/18.gif>.

67. Oyhantçal W, Mila F, Frugoni G (2009). Comportamiento del sector carne vacuna en 2009 y perspectivas para 2010. Anuario OPYPA 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/opypa/PUBLICACIONES/Publicaciones.htm>. Fecha de consulta: 21 de Julio de 2010.
68. Pryce JE, Coffey MP & Brotherstone S (2000). The genetic relationship between Calving interval, body condition score and linear type and management traits in registered Holsteins. *J. Dairy Sci.* 83:2664-2671.
69. Pryce JE, Royal MD, Garnsworthy PC & Mao IL (2004) Fertility in the high-producing dairy cow. *Livestock Production Science* 86:125-135.
70. Roche JR, Berry DP y Kolver ES (2006). Holstein-Friesian strain and feeds affects on milk production, body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:3532-3543.
71. Rovere G, Sotelo F, Valena J, Slavica J (2007). Mejoramiento genético y monitoreo reproductivo en los tambos uruguayos IX Congreso Holstein de las Américas Colonia, Uruguay, Abril 2007.
72. Rovere G (2010).Objetivos y criterios de selección en sistemas lecheros uruguayos. XXXVIII Jornadas Uruguayas de Buiatría Paysandú Uruguay pp:65-71.
74. Royal MD (1999).Genetic Variation in Endocrine Parameters of Fertility in Dairy cattle, University of Nottingham, UK, PhD Thesis
75. Royal MD, Darwash AO, Flint APF, Webb R, Woolliams JA, Lamming GE (2000) Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of Fertility. *Anim. Sci* 70:487-501.
76. Royal MD, Flint APD &, Woolliams A (2002). Genetic and Phenotypic Relationships Among Endocrine and Traditional Fertility Traits and Production Traits in Holstein-Friesian Dairy Cows *J. Dairy Sci.* 85:4 958-967.
77. SAS Institute, 1999, SAS Online Doc, version 8, SAS Institute Inc, Cary, NC.
78. Shook G E (2006). Major Advances in Determining Appropriate Selection Goals *J. Dairy Sci.*9:1349-1361.
79. Schroeder G F,&, Gagliostro G,A (2000).Fishmeal Supplementation to Grazing Dairy Cows in Early Lactation *J. Dairy Sci.* 83:12 2899-2906.
80. Spicer LJ (2004). Proteolytic degradation of insulin-like growth factor binding proteins by ovarian follicles: a control mechanism for selection of dominant follicles. *Biol. Reprod.* 70(5):1223-30.

81. USDA (2010) Disponible en <http://www.nass.usda.gov/Charts> and Maps/Milk Production and Milk Cows/cowrates.asp
82. Veerkamp, R F (1995) Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: a review. *J. Dairy Sci.* 81: 33-39..
83. Wathes D, Bourne N , Cheng Z, Mann G, Taylor V & Coffey M (2007). Multiple correlation analyses of metabolic and endocrine profiles with fertility in primiparous and multiparous cows. *J. Dairy Sci.* 90:1310–1325.

Productive and reproductive performance of Uruguayan Holstein and Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein Friesian cows in a predominantly pasture-based system

I. PEREIRA¹, D. LABORDE², M. CARRIQUIRY¹, N. LOPEZ-VILLALOBOS³ and A. MEIKLE^{1*}

¹Faculty of Veterinary Medicine and Agronomy Sciences, University of Uruguay, Montevideo, Uruguay

²Castiglioni 453, Trinidad, Uruguay

³Institute of Veterinary, Animal and Biomedical Sciences, Massey University, Private Bag 11-222, Palmerston North 4442, New Zealand

*Corresponding author: anamei@adinet.com.uy

ABSTRACT

The performance of Uruguayan Holstein (UH) and UH x New Zealand Holstein Friesian first cross (UH-NZHF) cows was investigated over 1 year using 62 cows offered predominantly native pasture. Accumulated 305 day yields of milk, fat, protein and milksolids (fat+protein) were not affected by the strain. The UH cows produced 0.5 L/d more milk than UH-NZHF cows at Day 240 of lactation ($P < 0.05$). Fat and lactose percentages were greater in UH-NZHF cows (3.72 vs 3.44% and 5.02 vs 4.94%, respectively, $P < 0.0001$). Protein percentages tended to be greater in UH-NZHF cows (3.31 vs 3.27%, $P = 0.08$). The UH cows were 49 kg heavier (569 vs 520 kg, $P < 0.001$) and required a greater energy requirement for maintenance. The UH-NZHF cows produced more milksolids per kg of $BW^{0.75}$, ($P < 0.01$). Pregnancy rates tended to be greater in UH-NZHF cows (87 % vs 71%, $P = 0.08$) and were greater when the first 40 days of service were considered (61 vs 35%, $P = 0.04$), which may be related to a differential energy partitioning according to strains.

Keywords: production; reproduction; Holstein strains.

INTRODUCTION

Uruguayan dairy production systems are characterised by grazing herds, with 70% of the diet being grazed pasture, hay and silage and the remainder grain-based concentrates (Chilibroste, 2002). Milk payment is based on milksolids production, with a deduction for milk volume. The genetic origin of Uruguayan dairy herds is mostly from the confined production systems of North America and Canada where total mixed rations are fed. In contrast, the Uruguayan system is based on grazed pasture, similar to that of New Zealand. On the other hand, most Uruguayan soils have a poorer fertility with a lower phosphorus content than New Zealand soils. Consequently the lifespan of improved pastures is shorter and thus, dry matter utilization is lower. Genetic emphasis in North America and Canada has been on volume of milk production and type characters (Shook, 2006). Simultaneously with this increase in milk production per cow, fertility has declined in the last decades (Lucy, 2001).

Several comparative studies have shown differences in performances between the North American Holstein and New Zealand Holstein Friesian (NZHF) cows. North American cows are heavier, produce more milk volume, have lower protein, fat and lactose percentages, lower fat yields and lower fertility than NZHF cows (Laborde *et al.*, 1998; Mwansa & Peterson, 1998; Harris & Kolver, 2001). Although the NZHF strain has been introduced in Uruguay, there has been no

comparison of the productive and reproductive performance of both Holstein strains in South America, specially taken into account the different environment.

Thus, the experiment reported here, compared the productive and reproductive performance of two strains of Holstein: Uruguay Holstein (UH) vs crossbred UH-NZHF in a typical commercial productive system in Uruguay.

MATERIALS AND METHODS

Experimental design

Uruguayan Holstein ($n = 31$, 569 kg live weight) and UH-NZHF first cross ($n = 31$, 520 kg live weight) cows were selected 60 days before calving and paired according to lactation number, economic merit for farm profit of previous lactation, expected calving date and body condition score (3.32 ± 0.06). There were 18 and 13 UH cows experiencing their second or third lactations respectively and, 18 and 13 UH-NZHF cows experiencing their second or third lactations respectively. The UH-NZHF cows were progeny of NZHF sires and randomly assigned UH dams from the same herd. The economic merit index of each cow selected was estimated from production data of their previous lactation and calculated as the sum of breeding values for live weight and lactation yields of milk, fat and protein weighted by their corresponding economic values derived from the milk payment and farm costs.

TABLE 1: Description of feeds offered.

Month	Pasture (kg DM/cow/d)	Sorghum silage (kg DM/cow/d)	Grain (kg DM/cow/d)
June	50	1.5	5.5
July	14	3.5	12.0
August	25	3.5	9.0
September	50	0.0	3.7
October	60	0.0	3.7
November	35	0.0	4.3
December	30	0.0	6.3
January	30	1.5	6.3
February	35	1.5	3.5

Only animals that calved with no dystocia or related pathologies between June and August 2007, were maintained in the experiment. During the last month before calving, cows were managed on native pasture as one herd, receiving 11 kg dry matter (DM)/hd/d of a diet composed of 7 kg DM of sorghum silage, 3 kg DM of sorghum grain, 1 kg DM of sunflower meal (36% crude protein), 100 g of urea and a commercial prepartum mineral supplement. After calving, the cows were managed as one herd under a rotational grazing system with supplementary feed added to maintain a pasture cover of 1,200 kg of pasture DM and estimating to provide an intake of 18 kg total DM/cow/d. Table 1 describes diets offered to the cows on the same day as the monthly herd test.

Cows were milked twice-a-day. Milk yield and composition were determined from morning and afternoon herd-test samples at 15-day intervals during the first two months of lactation so as to relate to the endocrine and metabolite determination (Pereira *et al.*, 2010). Subsequently the sampling interval was monthly, until approximately Day 260 of lactation. Cows were dried off when production fell below 5 L/d of milk at the herd test or 60 days before calving. Body condition score was evaluated every two weeks from two months before calving up to 6 months after calving by two independent observers using a scale of 1 = emaciated to 5 = fat (Edmonson *et al.*, 1989).

A concentrated calving period was achieved by imposing a breeding period of three months from September to November. During the first two months artificial insemination was used with natural mating used during the last month. The anovulatory postpartum period was determined by progesterone milk concentrations twice weekly, oestrus was detected twice a day. Animals were inseminated 12 hours after heat detection. Pregnancy diagnosis was performed by rectal palpation 60 days after the mating period had finished.

Progesterone determination was determined at the Nuclear Techniques Laboratory, Faculty of

Veterinary Medicine, Uruguay. Milk was skimmed at 3000 rpm at 4°C for 15 minutes. Progesterone determination in skim milk was made by a solid radioimmunoassay using a commercial kit (Coat-a-count, DPC, Los Angeles, California, USA). The intra and inter-assay coefficient of variation were 1.5 % and 3.2% for low (0.5 nmol/L) and medium (2 nmol/L) controls respectively. The sensitivity was 0.3 nmol/L. The recommencement of ovarian cycling was defined as the day in which a luteal progesterone concentration in milk was observed (>1 nmol/L), and when this sample was followed by other samples also containing progesterone.

Calculations and statistical analyses

Metabolic energy (ME) requirements were estimated as the sum of the metabolic energy of lactation contained in milk and the metabolic energy required for maintenance. Metabolic energy input was estimated by subtracting or adding the energy from body reserves mobilization or accumulation (National Research Council, 2001) from the energy requirements. Energy efficiency was estimated as ME of milk/ME input.

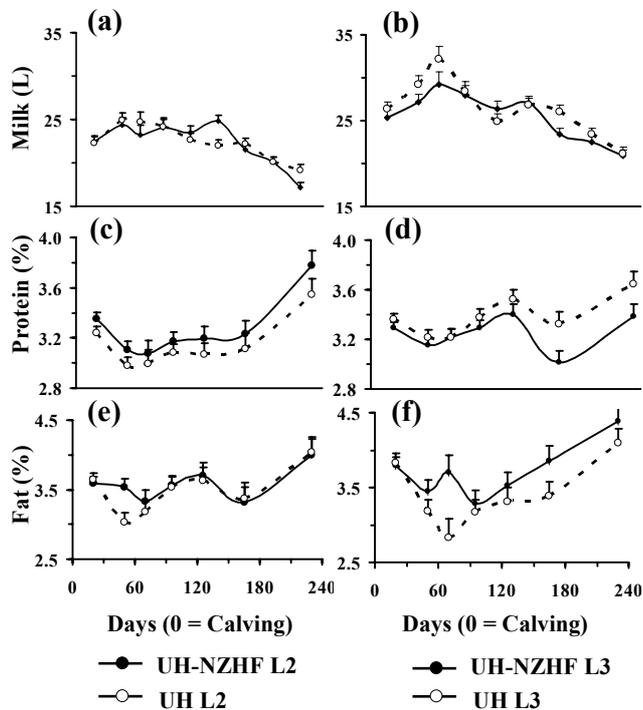
Milk production and composition, body condition score, and energy parameters were analysed using the MIXED procedure for repeated measure analysis (SAS 2000, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.). The statistical model included the effects of strain (UH and UH-NZHF), lactation number (second and third), stage of lactation (30-day intervals), and interactions as fixed effects, and pair and cow within strain and lactation number as random effects. Residual errors were assumed to follow a covariance structure of type autoregressive order 1. Body condition score 60 days before calving and duration of the previous dry period were used as covariates. The Kenward-Rogers procedure was used to adjust the denominator degree of freedom to test significance level of fixed effects. Reproductive variables were evaluated with a generalized lineal model using the GENMOD procedure with a model that included the fixed effect of strain and lactation number and their interaction. Anovulatory interval was analysed with a Poisson distribution and a log₁₀ link. Pregnancy rate was analysed with a binomial distribution and a logit link. Transformed estimates were back transformed for presentation. Significance was considered when P < 0.05.

RESULTS

Milk production

Milk yield at Day 260 of lactation was affected by the strain. UH cows produced more milk than UH-NZHF cows (Figure 1). This was due to the greater peak milk production of third lactation UH cows which was consistent with the reduced fat

FIGURE 1: Milk production (a) and (b), percentage of protein (c) and (d), and percentage of fat (e) and (f) in the milk of Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein Friesian (UH-NZHF) and Uruguayan Holstein cows in the second (L2) and third (L3) lactation groups.



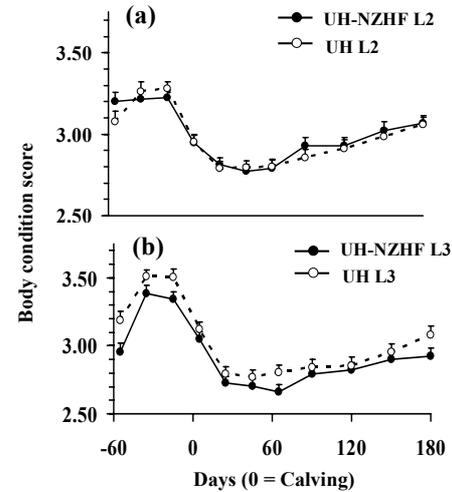
percentage observed and with losses in body condition score (Figure 2). Fat and lactose percentages were greater in UH-NZHF than in UH cows (3.72 ± 0.05 vs $3.44 \pm 0.05\%$ and 5.02 ± 0.02 vs $4.94 \pm 0.02\%$, $P < 0.0001$) and protein percentage tended also to be greater in UH-NZHF cows (3.31 ± 0.02 vs $3.27 \pm 0.02\%$, $P = 0.08$). Fat and protein percentages were similar ($P = 0.15$ and $P = 0.66$ respectively) between second and third lactation UH-NZHF cows, whereas in UH cows the protein percentage was greater in second lactation cows than in third lactation cows ($P = 0.0005$). Across strains, protein percentage was greater in second lactation cows than third lactation cows ($P < 0.03$). Lactose percentage was greater in UH-NZHF than UH cows during their third lactation (Table 2 and Figure 1).

Accumulated production over milk, fat, protein and milksolids (fat + protein) over the 305 days of lactation were not affected by the strain (Table 2), but were affected by parity. Third lactation cows produced more milk and more fat than second lactation cows. Although yields of protein and milksolids were greater in third lactation UH-NZHF cows than in second lactation UH-NZHF cows, there were no differences related to parity in UH cows.

Body weight and body condition score

UH-NZHF were lighter than UH cows (520.5 ± 4.6 vs. 569.7 ± 4.7 kg, $P < 0.005$) and third lactation

FIGURE 2: Body condition score in Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein Friesian (UH-NZHF) and Uruguayan Holstein cows in (a) the second (L2) and (b) third (L3) lactation groups.



cows were heavier ($P < 0.05$) than second lactation cows in both strains. Both strains increased body condition score up to 60 days before calving and decreased body condition score after 30 days before calving. This trend was steeper around calving (Figure 2). Third lactation UH cows lost greater body condition score around calving. During the experiment from two months before calving to six months after calving, UH-NZHF cows had a lower body condition score than UH cows (2.96 ± 0.02 vs 3.02 ± 0.02 , $P = 0.003$). Third lactation UH-NZHF cows had the lowest body condition score during the experiment.

Energy efficiency

Both strains had similar ME output in milk (29,550 and 30,155 MJ, UH-NZHF vs UH). Calculated requirements of ME for maintenance in UH was greater than UH-NZHF cows (17,755 and 18,856 MJ, UH-NZHF vs UH, $P = 0.01$), so total metabolic energy requirements during the lactation were greater in UH cows than in UH-NZHF cows ($P < 0.0001$). Energy from mobilizing body reserves was greater in UH than UH-NZHF cows (6.27 vs 3.34 MJ/d). Thus, the estimated energy input was similar in both strains (46,287 vs. 47,099 MJ in UH-NZHF and UH cows, respectively). The efficiency of energy utilisation for milk production was higher in UH-NZHF than in UH cows (0.66 ± 0.01 vs. 0.64 ± 0.01 , $P = 0.02$).

Reproduction

No significant differences between strains or lactation number were detected for postpartum anovulatory period which had an average length of 45.2 ± 5 d. Days from calving to first oestrus, calving to conception, first service to conception and number of services per conception were similar for both biotypes. Pregnancy rate at six weeks after the start of the mating period was greater in UH-

TABLE 2: Mean \pm pooled standard error per cow daily per milk production and milk composition during the first 240 days of lactation and the accumulated production over 305 days of lactation for Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein Friesian (UH-NZHF) and Uruguayan Holstein (UH) cows according to the number of lactations they have experienced.

Measurement	Second lactation		Third lactation	
	UH-NZHF	UH	UH-NZHF	UH
Milk composition during the first 240 days of lactation				
Daily milk production (L/cow/d)	22.3 \pm 0.6 ^a	22.4 \pm 0.6 ^a	25.5 \pm 0.7 ^b	26.5 \pm 0.7 ^c
Fat (%)	3.72 \pm 0.08 ^a	3.59 \pm 0.08 ^b	3.89 \pm 0.09 ^a	3.39 \pm 0.09 ^b
Protein (%)	3.32 \pm 0.03 ^{ax}	3.37 \pm 0.03 ^{ay}	3.30 \pm 0.04 ^a	3.18 \pm 0.04 ^b
Lactose (%)	4.92 \pm 0.03 ^{ax}	5.02 \pm 0.02 ^{ay}	5.06 \pm 0.03 ^b	4.85 \pm 0.03 ^c
Accumulated production over 305 days of lactation				
Milk (L/cow)	6,189 \pm 338 ^a	5,980 \pm 397 ^a	7,627 \pm 602 ^b	7,357 \pm 439 ^b
Fat (kg/cow)	217 \pm 12 ^a	219 \pm 14 ^a	293 \pm 21 ^b	243 \pm 16 ^b
Protein (kg/cow)	195 \pm 10 ^a	200 \pm 11 ^a	252 \pm 17 ^b	224 \pm 14 ^{ab}
Milksolids (Fat + Protein) (kg/cow)	413 \pm 26 ^a	417 \pm 31 ^a	547 \pm 48 ^b	468 \pm 33 ^{ab}

^{a, b, c} Means within the same row differ significantly (P < 0.05).

^{x, y} Means within the same row differ significantly (P < 0.1).

NZFH than in UH cows (61 vs 35%, P = 0.04). Overall pregnancy rate across both artificial insemination and natural mating, tended to be greater in UH-NZFH cows than in UH cows (87% vs. 71%, P = 0.08).

DISCUSSION

In this experiment, UH-NZHF and UH cows expressed significant differences in milk volume, fat yield and fat percentage at Day 240 of lactation. Several studies in New Zealand comparing North American Holstein (NAH) and NZHF cows (Kolver *et al.*, 2000; Macdonald *et al.* 2008) have shown that under grazing conditions, both strains produced similar lactation yields of milksolids while the NZHF cows had a lower milk yield and a higher percentage of fat and protein than the NAH cows. The introduction of NAH genes into the New Zealand dairy cow population has resulted in an increase of milk volume with a dilution in the concentration of fat and protein (Laborde *et al.*, 1998; Harris & Winkelman, 2000; Harris & Kolver, 2001). The same trend was observed in this study, fat and lactose percentages were greater and protein percentage tended to be greater in UH-NZHF cows than in UH cows. These results are consistent with the high response to selection for milk production and type traits achieved in the NAH dairy cow population (Shook, 2006) and the high response to selection for yield of milksolids achieved in the New Zealand dairy cow population (Harris & Kolver, 2001).

In this study, no differences for total milksolids yield were observed among strains. This is in agreement with Roche *et al.* (2006) and Kolver *et al.* (2000). However, other studies reported that

NZHF cows presented lower (Harris & Kolver, 2001) or greater (Macdonald *et al.*, 2008) total milksolid yields than NAH cows depending on the feeding system. In the present study, higher milk production was observed in third parity UH cows than third parity UH-NZHF cows, which occurred when cows received more concentrate in the diet (see Table 1 and Figure 1). It is possible that the dry matter intake and hence the milk production potential of UH cows has been limited by total feed offered to them. Indeed, Kolver *et al.* (2000) demonstrated that overseas cows expressed their genetic potential for milk production when a total mixed ration diet was offered. Third lactation UH cows had the lowest concentration of all milksolids in conjunction with the greatest milk volume. This can be interpreted as a dilution effect as has been reported previously (Schroeder & Gagliostro, 2000).

Metabolic energy output in milk was similar in both strains as total milksolid yields were similar between strains. Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein Friesian cows weighed 49 kg less than UH cows. As a consequence, calculated requirement of ME for maintenance was lower in the former group resulting in a lower total metabolic energy requirement during the whole lactation. Since the estimated energy from the mobilization of body reserves was greater in UH cows, the total metabolic energy requirements was achieved differentially in the two strains. Recently, Lucy *et al.* (2009) found greater net energy in milk in NAH cows during early lactation than NZHF cows, but not in total lactation. These authors suggested that the diversity of genotypes changes in components of the somatotrophic axis during early, but not late lactation

explained the relationship between milk production, body condition score, and feed allowance.

Although UH cows had higher reserves available for mobilisation, the body condition score in UH-NZHF cows was lower during the eight month experimental period. This is in contradiction with most of the scientific literature (Kolver *et al.*, 2000; Macdonald *et al.*, 2008). There is no obvious explanation for this, other than feeding competition could be the cause, since the UH-NZHF cows are almost 10 % lighter than the UH cows.

The greater energy efficiency for milk output found in the UH-NZHF cows is relevant for a system predominantly composed of native pasture where milk payment is based on milksolid yield, with a deduction in the price for milk volume. Small differences in feed efficiency have been reported between NAH and NZHF (Harris & Kolver, 2001).

No difference in postpartum anovulatory period was detected in this study in agreement with Chagas *et al.* (2007, 2009), but in contrast to other studies reporting shorter anovulatory period in the NAH than NZHF cows (Macdonald *et al.*, 2008; Verkerk *et al.*, 2000). Despite the small number of cows in this study, and that only one year's data were considered, pregnancy rates were higher in UH-NZHF than in UH cows. This is in agreement with other studies (Laborde *et al.*, 1998; Macdonald *et al.*, 2008) showing the impact of introducing NAH genes into the New Zealand dairy cow population as high production dairy cows are often associated with a decline in fertility (Lucy, 2001; Butler, 2003).

In conclusion, UH and UH-NZHF cows showed differences in live weight, milksolid concentration and reproductive performance. In spite of having a similar ME output in milk, the higher ME requirement for maintenance and higher energy from body reserves showed by UH cows, suggest better energy use for lactation by the UH-NZHF cows. A new trial designed to control feed intake should be undertaken to confirm this point.

ACKNOWLEDGEMENTS

Funds were provided by Sector Productivo-PSIC. We thank Maggie Handel and Laura Nuñez for their technical help.

REFERENCES

- Butler, W.R. 2003: Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Production Science* **83**: 211-218.
- Chagas, L.M.; Gore, P. J. S.; Verkerk, G. A.; Macdonald, K. A.; Blache, D. 2007: Restricted postpartum feeding in grazing dairy heifers decreases milk production but does not lengthen anoestrous interval. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **67**: 255-260.
- Chagas, L.M.; Lucy, M.C.; Back, P.J.; Blache, D.; Lee, J.M.; Gore, P.J.; Sheahan, A.J.; Roche, J.R. 2009: Insulin resistance in divergent strains of Holstein-Friesian dairy cows offered fresh pasture and increasing amounts of concentrate in early lactation. *Journal of Dairy Science* **92**: 216-222.
- Chilibroste, P. 2002: Integración de patrones de consume y ofertas de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el periodo otoño-invernal. *XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría* 90-96.
- Edmonson, A.J.; Lean, L.J.; Weaver, L.D.; Farver, T.; Webster, G. 1989: A body condition scoring chart for Holstein Dairy cows. *Journal of Dairy Science* **72**: 68-78.
- Harris, B.L.; Winkelman, A.W. 2000: Influence of North American Holstein genetics on dairy cattle performance. *Australian Large Herds Conference, Echuca-Moama, Victoria, Australia*. p. 173-186.
- Harris, B.L.; Kolver, E.S. 2001: Review of Holsteinization on intensive pastoral dairy farming in New Zealand. *Journal of Dairy Science* **84**: E56-E61.
- Kolver, E.S.; Napper, A.R.; Copeman, P.J.; Muller, L.D. 2000: A comparison of New Zealand and overseas Holstein-Friesian heifers. *Proceedings of New Zealand Society of Animal Production* **60**: 265-269.
- Laborde, D.; Holmes, C.W.; Garcia-Muñiz, J.G.; Wichtel, J. 1998: Reproductive performance of Holstein-Friesian cows differing genetically in live weight. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **58**: 73-75.
- Lucy, M.C. 2001: Reproductive physiology and management of high yielding dairy cattle. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **61**: 120-127.
- Lucy, M.C.; Verkerk, G.A.; Whyte, B.E.; Macdonald, K.A.; Burton, L.; Cursons, R.T.; Roche, J.R.; Holmes, W. 2009: Somatotropic axis components and nutrient partitioning in genetically diverse dairy cows managed under different feed allowances in pasture system. *Journal of Dairy Science* **92**:526-539.
- Macdonald, K.A.; Verkerk, G.A.; Thorrold, B.S.; Pryce, J.E.; Penno, J.W.; McNaughton, L.R.; Burton, L.J.; Lancaster, J.A.; Williamson, J.H.; Holmes, C.W. 2008: A comparison of three strains of Holstein-Friesian grazed on pasture and managed under different feed allowances. *Journal of Dairy Science* **91**: 1693-1707.
- Mwansa, P.; Peterson, R. 1998: Estimates of GxE effects for longevity among daughters of Canadian and New Zealand sires in Canada and New Zealand dairy herds. *Interbull Bulletin* **17**: 110-114.
- Pereira, L.; Laborde, D.; Lopez-Villalobos, N.; Rupprechter, G.; Carriquiry, M.; Meikle, A. 2010: Blood metabolic profiles in Uruguayan Holstein and Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein-Friesian dairy cows. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **70**: 311-315.
- Roche, J.R.; Berry, D.P.; Kolver, E.S. 2006: Holstein-Friesian strain and fees affects on milk production, body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science* **89**: 3532-3543.
- Schroeder, G. F.; Gagliostro, G. A. 2000: Fishmeal supplementation to grazing dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Science* **83**: 2899-2906.
- Shook, G. E. 2006: Major advances in determining appropriate selection goals. *Journal of Dairy Science* **90**: 1349-1361.
- Verkerk, G.A.; Morgan, S.; Kolver E.S. 2000: Comparison of selected reproductive characteristics in overseas and New Zealand Holstein-Friesian cows grazing pasture on fed a total mixed ration. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **60**: 270-274.

Blood metabolic profiles in Uruguayan Holstein and Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein-Friesian dairy cows

I. PEREIRA¹, D. LABORDE², N. LOPEZ-VILLALOBOS³, G. RUPRECHTER¹,
M. CARRIQUIRY¹ and A. MEIKLE^{1*}

¹Faculty of Veterinary Medicine and Agronomy Sciences, University of Uruguay, Montevideo, Uruguay

²Castiglioni 453, Trinidad, Uruguay

³Institute of Veterinary, Animal and Biomedical Sciences, Massey University, Private Bag 11-222,
Palmerston North 4442, New Zealand

*Corresponding author: anamei@adinet.com.uy

ABSTRACT

Blood metabolic profiles were determined from 40 days prepartum to 60 days postpartum in Uruguayan Holstein (UH) (n = 13) and UH x New Zealand Holstein-Friesian first cross (UH-NZHF) (n = 13) cows with seven in each group experiencing their second lactation (L2) and six experiencing their third lactation (L3). Non-esterified fatty acids increased around calving and tended to be greater in UH-L3 cows as well as beta-hydroxybutyrate concentrations for 20 days after calving, consistent with the greater body condition score losses in this group. The UH cows had greater prepartum total protein concentrations than UH-NZHF cows. Concentrations decreased around calving and increased immediately thereafter. In UH-NZHF-L2 cows, total protein levels were consistently low throughout lactation. UH-NZHF L3 cows had greater albumin concentrations than UH L3 cows. Insulin concentrations were not affected by strain or lactation number and were diminished around calving. A similar pattern was found for IGF-1, although an interaction between strain and days-in-milk was found. Compared to UH cows, UH-NZHF cows had greater levels of IGF-1 at 35 days prepartum but lower levels of IGF-1 at calving. These data suggest that UH cows, especially L3 cows, had a more pronounced negative energy balance than UH-NZHF cows that may reflect a different pattern of nutrient partitioning possibly related to different pregnancy rates.

Keywords: Holstein strains; metabolites; hormones.

INTRODUCTION

Genetic selection for milk production had been associated with a decrease in reproductive efficiency, as well as with a high negative energy balance during the transition period (Lucy, 2001). In order to supply energy for milk production, there are important losses of body condition score which are reflected in metabolic and endocrine changes that may affect fertility (Butler, 2003). A negative energy balance is characterised by high plasma non-esterified fatty acid (NEFA) concentrations which are often accompanied by increases in β -hydroxybutyrate (BHB). The physiologic adaptation mechanism that prioritises milk production is regulated among other signals by insulin and insulin-like growth factor-1 (IGF-1). These are "indicator" signals that inform the reproductive axis regarding the metabolic status (Lucy, 2001; Butler, 2003). The genetic origin of Uruguayan dairy herds is mostly from the confined production systems of North America and Canada, where total mixed rations are fed. It has been reported that North-American Holstein (NAH) cows produce more milk which has been associated with a greater net energy balance which is in turn associated with a lower body condition score, than New Zealand Holstein-Friesian (NZHF) cows (Lucy *et al.*, 2009). Even if

NAH cows have a shorter postpartum anoestrus, they require more services per conception (Kolver *et al.*, 2002) with a lower resulting pregnancy rate (Macdonald *et al.*, 2008). Few studies have addressed the differential changes of the endocrine and metabolic signals according to strains that may explain the distinct productive and reproductive outcomes. A greater body condition score loss in NAH cows was associated with reduced blood IGF-1 concentrations when compared with NZHF cows, indicating a stronger uncoupled somatotrophic axis (Lucy *et al.*, 2009). Chagas *et al.* (2009) found that glucose fractional turnover rate was lower in NAH cows compared with those of NZHF origin, indicating a more severe insulin resistance. This suggested that differences in milk production between NAH and NZHF cows in early lactation may, at least in part, be explained by the greater degree of insulin resistance in NAH cows. Although these physiological mechanisms to adapt to lactation requirements should be basically similar among strains, these studies suggest that there is a different pattern of nutrient partitioning. Moreover, dry matter intake in the grazing production systems is usually lower than in confined systems. This may be insufficient to sustain the high milk production set by the genotype of the cow (Kolver & Muller 1998).

We investigated the endocrine and metabolic changes in Uruguayan Holstein (UH) and UH x NZHF (UH-NZHF) dairy cows during the peripartum period under grazing conditions, and evaluated their relationship with productive and reproductive parameters.

MATERIALS AND METHODS

Experimental design

Uruguayan Holstein (UH) (n = 13, genetic origin from North America) and UH-NZHF first cross (n = 13) cows from the experiment described in Pereira *et al.* (2010) were selected. In each strain, there were 7 and 6 cows experiencing their second or third lactations respectively. The cows were managed on native pasture as one herd, receiving 11 kg dry matter (DM)/hd/d of a diet composed of 7 kg DM of sorghum silage, 3 kg DM of sorghum grain, 1 kg DM of sunflower meal (36% crude protein), 100 g of urea and a commercial prepartum mineral supplement. After calving, cows were managed as one herd under a rotational grazing system with supplementary feed added to maintain a pasture cover of 1,200 kg of pasture DM and estimating to achieve a dry matter intake of 18 kg of total DM/cow/d. Blood samples were collected during the period from 40 days before calving to 60 days after calving, at 15 day intervals during the prepartum period and twice weekly from calving to 60 days postpartum. Samples were taken by coccygeal venopuncture in heparinized tubes, centrifuged at 3,000 rpm for 15 minutes and the plasma frozen at -20°C.

A concentrated calving period was achieved by imposing a breeding period of three months from September to November. During the first two months artificial insemination was used with natural mating used during the last month. Oestrus was detected twice a day, and animals inseminated 12 hours after heat detection. Pregnancy diagnosis was performed by rectal palpation 60 days after the mating period had finished (Pereira *et al.*, 2010).

Metabolites and hormonal determination

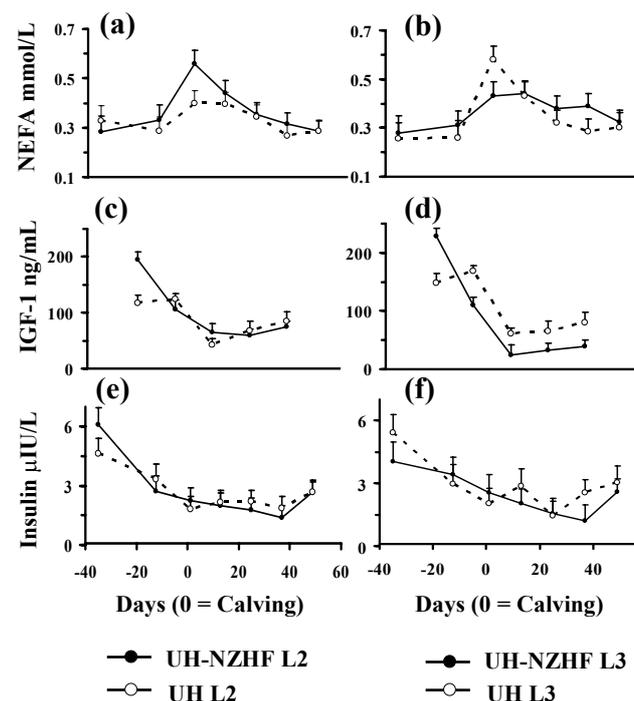
Hormone determinations were performed by Nuclear Techniques Lab., Faculty of Veterinary Medicine, Uruguay. Insulin was determined by a ¹²⁵I-Insulin RIA kit (Diagnostic Products Co., Los Angeles, California, USA). The sensitivity of the assay was 2.2 µIU/mL and the intra-assay coefficient of variation were 8.2% and 9.4% for Control 1 (2.2 µIU/mL) and Control 2 (12.6 µIU/mL) respectively. IGF-1 concentrations were determined using immunoradiometric assay with a commercial kit (IGF1 RIACT Cis Bio International, GIF SUR YVETTE CEDEX, France). The sensitivity of the assay was 0.7 ng/mL and intra-assay coefficient of variation for Control 1 (74 ng/mL) and Control 2 (535 ng/mL) were 6.9 and

7.2%, respectively. Metabolic determinations were assayed in two assays at the laboratory of Miguel C. Rubino, DILAVE, Pando, Uruguay. BHB and NEFA were determined by spectrophotometry using D-3-Hydroxybutyrate (Kat. RB 1007) and NEFA (Kat. FA 115) kits (Randox Laboratories Ltd, Ardmore, UK). Total plasmatic proteins, urea, cholesterol were determined using commercial kits (Weiner Lab Kit Bs As, Argentina). The intra-assay coefficient of variation was ≤7.3 % for all the parameters, and the interassay coefficient of variation was ≤9.7 %.

Statistical analyses

Metabolites and hormonal concentrations in plasma were analysed using the mixed procedure of SAS (SAS 2000, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.) with a linear model that included the effect of strain, lactation number, day from calving, and their interactions as fixed effects and length of dry period and body condition score 60 days before calving, as covariates. The covariance structure was autoregressive order 1 and the Kenward-Rogers procedure was used to adjust the denominator degree of freedom when testing the significance of fixed effects. Tukey-Kramer tests were conducted to perform multiple comparisons between means. Reproductive variables were evaluated with a generalized lineal model using the

FIGURE 1: Non-esterified fatty acids (NEFA) (a and b), IGF-1 (c and d), and insulin (e and f) concentrations in blood, of Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein Friesian (UH-NZHF) and Uruguayan Holstein (UH) cows in the second (L2) or third (L3) lactation group.



GENMOD procedure with a model that included the fixed effect of strain and lactation number and their interaction.

RESULTS

NEFA concentrations increased around calving; UH L3 and UH-NZHF L2 cows showed the greatest NEFA peripartum increase, $P < 0.05$ (Figure 1a and b). While NEFA concentrations returned to basal levels one month after calving, levels in UH-NZHF L3 decreased more slowly.

BHB concentrations were similar between strains and parities and increased from 20 days before calving and not returning to basal levels during the course of the trial. A marked elevation in BHB concentrations were observed only in UH L3 cows at Day 20 after calving ($P < 0.02$) (I. Pereira, Unpublished data).

Cholesterol concentrations started to decrease before calving, and levels recovered around Day 40 after calving (I. Pereira, Unpublished data). Greater concentrations were observed in UH-NZHF than UH cows (3.55 ± 0.09 vs. 3.37 ± 0.09 g/L; $P = 0.01$).

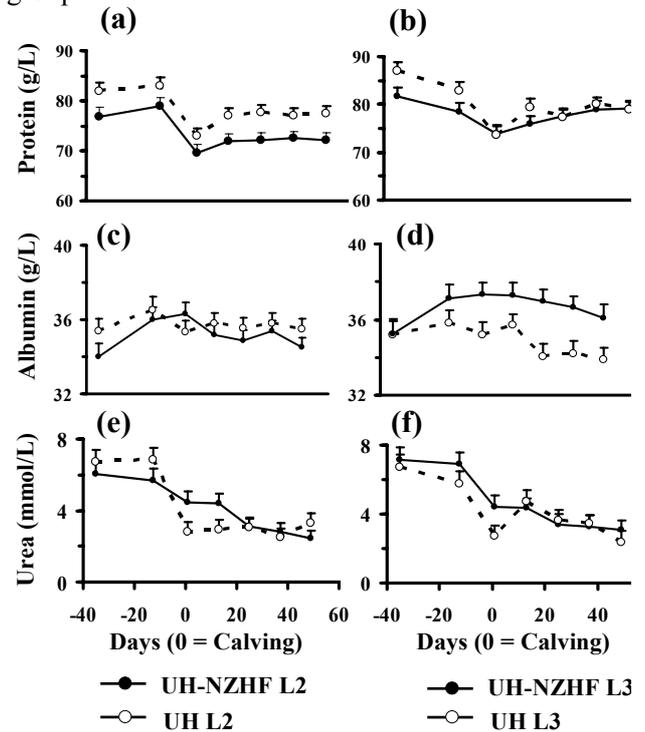
IGF-1 concentrations decreased around calving and did not recover to the initial levels in the postpartum period (Figure 1c and d). IGF-1 concentrations at 30 days before calving were greater in UH-NZHF cows than UH cows ($P = 0.01$). While IGF-1 levels in UH-NZHF cows were already diminished at 15 days before calving, a decrease in IGF-1 was apparent in UH cows in the first week postpartum. UH-NZHF L3 cows had a greater decrease in IGF-1 than UH-NZHF L2 cows. On the other hand the concentration of IGF-1 was greater in UH-NZHF L3 cows than in UH-NZHF L2 cows in the week before calving ($P < 0.05$).

Insulin concentration in plasma started to decrease 35 days before calving and remained at a low value until 40 days after calving (Figure 1e and f). Insulin concentrations 35 days before calving tended to be higher in UH-NZHF L2 than in UH-NZHF L3 cows ($P = 0.06$).

Concentrations of total protein in plasma were significantly lower in UH-NZHF than in UH cows (75.7 ± 0.61 vs. 79 ± 0.62 g/L, $P < 0.0001$). Parity affected protein concentrations, as L3 cows had higher total protein levels than L2 cows ($P = 0.005$). Total protein concentrations started to decrease before calving, reaching a minimum at calving and then recovering immediately after calving. Total protein concentrations in UH-NZHF L2 cows remained consistently low throughout the experiment compared with UH L2 cows (Figure 2a).

Albumin concentrations were greater in UH-NZHF cows than in UH cows ($P = 0.005$) before calving and increased around calving in UH-NZHF

FIGURE 2: Total protein (a and b), albumin (c and d), and urea (e and f) concentrations in plasma, of Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein Friesian (UH-NZHF) and Uruguayan Holstein (UH) cows in the second (L2) or third (L3) lactation group.



cows, remained constant in UH cows. In UH L3 cows, albumin concentrations had decreased by Day 20 after calving and stayed reduced until the end of the experiment (Figure 2c and d). Plasma urea concentration was similar in both strains; decreased before calving ($P < 0.01$), more drastically in UH cows than in UH-NZFH cows, and remained low until the end of the experiment (Figure 2e and f).

Days from calving to first oestrus, calving to conception, first service to conception and number of services per conception were similar for both strains. Pregnancy rate at 6 weeks after the start of the mating period was greater in UH-NZFH than in UH cows (61 vs 35%, $P = 0.04$) with overall pregnancy rate due to artificial insemination followed by natural mating tending to be greater in UH-NZFH cows than in UH cows (87% vs. 71%. $P = 0.08$).

DISCUSSION

Studies investigating the potential metabolic signals for the reproductive axis have been focused primarily on blood metabolites and metabolic hormones that are known to fluctuate during altered states of energy metabolism (Butler, 2003). The increase in NEFA and BHB concentrations around parturition is associated with the mobilization of body energy reserves observed in the same period as reported previously (Meikle *et al.* 2004; Lucy,

2001). The greater NEFA and BHB concentrations that were observed during early postpartum in UH L3 cows, may be associated with the greater lipid reserves that were mobilised in these cows with a greater loss of body condition score (Pereira, 2010). As previously reported (Chilliard, 1999) changes in body lipids in the lactating cows are affected by three factors: requirements for milk yield, quality and quantity of dietary nutrients and body fat reserves at the time of calving. Greater cholesterol concentrations were observed in UH-NZHF than UH cows. It has been reported that increased cholesterol could be due to lipid mobilisation or to an increase in the synthesis of plasmatic lipoproteins (Margolles, 1983). The latter explanation is more likely in our trial where there was less lipid mobilisation in UH-NZHF cows than in UH cows.

Concentration of total protein decreased at calving as has been reported previously (Cavestany *et al.*, 2005). This is likely to be related to the decrease in intake preceding calving, as well as being associated with colostrum production. UH-NZHF L2 cows exhibited their lowest plasma protein levels during the postpartum period, reflecting a decrease in feed intake. The greater concentration of plasma albumin observed in UH-NZHF L3 cows may have been associated with their higher intake at this time. Plasma urea concentrations were not affected by the strain of cow. While levels decreased at calving, probably due to decreased intake, they did not return to their prepartum level during the experiment. This is the opposite of what was reported by Cavestany *et al.* (2005). The great fluctuations in plasma urea concentrations found in this experiment may be due to changes of feeding frequency, and the quantity and quality of feed offered during the prepartum and postpartum periods.

The decrease in insulin concentration at calving observed was consistent with Holtenius *et al.* (2003) and Meikle *et al.* (2004). Few studies have investigated the effect of strain on insulin concentrations. No differences between strains were found in our study, in agreement with Chagas *et al.* (2009). On the other hand, the latter study found that glucose fractional turnover rate was lower in NAH cows, and suggested that the differences in milk production between NAH and NZHF cows in early lactation can, at least in part, could be explained by the greater degree of insulin resistance in the NAH cows.

IGF-1 plasma concentrations decreased around parturition in line with the process of nutrient partitioning for milk production. There was apparently a decreased liver sensitivity to growth hormone and thus reduced IGF-1 production as reported previously (Lucy, 2001). Although circulating IGF-1 levels in UH-NZHF were greater

at 30 days before calving, IGF-1 profiles from 10 days before calving to 40 days after calving, did not differ between strains. A recent study (Lucy *et al.*, 2009), showed that NAH cows presented a greater somatotrophic axis uncoupling than NZHF cows which was consistent with strain differences in milk production and body condition score. In contrast, in this study the decrease in IGF-1 concentrations was more important in UH-NZHF cows than in UH cows. The smaller decrease of IGF-1 concentrations in UH-NZHF L2 vs L3 cows, suggests that the somatotrophic axis uncoupling was less effective in L2 cows which could be also associated with lower milk production. This is in agreement with Wathes *et al.* (2007) who reported that IGF-1 concentrations were greater in young animals on account of a role in regulating growth. In our experiment, differences in live weight between L2 and L3 cows of each biotype, 20 kg in UH-NZHF cows and 16 kg in UH cows, may represent approximately 25% to 30% greater growth energy requirements for UH-NZHF L2 than UH L2 cows (National Research Council, 2001). This difference suggests that UH-NZHF L2 cows required more energy for growth, which may be related to the greater IGF-1 levels found in this group. Besides, since UH-NZHF L2 cows were the lightest cows in the herd, it can be also speculated that they may have been restricted in their feed intake because of feed competition.

Several studies have shown that both insulin and IGF-1 are relevant for ovarian follicle growth and are indicators for the reproductive axis regarding the metabolic status of the animal as a whole (Spicer *et al.*, 1995; Butler, 2003). In the present experiment no differences due to strain were found in the anovulatory period (Pereira *et al.*, 2010) in agreement with Chagas *et al.* (2009) where a lack of relationship between insulin resistance and the duration of the postpartum anovulatory period was reported. In this experiment, UH-NZHF cows had higher pregnancy rates during the early stages of the insemination period (61 vs 35 % at six weeks after the start of the mating period ($P = 0.04$)) as well as greater prepartum IGF-1 concentrations than UH cows. Wathes *et al.* (1998) reported that IGF-1 has an important role in promoting embryo growth and uterine preparation for gestation. On the other hand, De Feu *et al.* (2008) found no differences among IGF-1 between NAH vs NZHF cows, but the proportion of embryo recovered and the rate of development were greater in NZHF cows. This was associated with a different nutrient partitioning from the time of peak lactation through to the end of lactation.

The metabolic profiles reported here suggest that UH cows, especially L3 cows, have a more pronounced negative energy balance than UH-NZHF cows. This may reflect a distinct difference

in nutrient partitioning according to the type of cow, and may be related to the different pregnancy rates found.

ACKNOWLEDGEMENTS

Funding was provided by Sector Productivo-CSIC. We thank Maggie Handel and Laura Nuñez for their technical help.

REFERENCES

- Butler, W.R. 2003: Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Production Science* **83**: 211-218.
- Cavestany, D.; Blanc, J.E.; Kulcsar, M.; Uriarte, G.; Chilbroste, P.; Meikle, A.; Febel, H.; Ferraris A., Krall, E. 2005: Studies of the transition cow under a pasture-based milk production system: metabolic profiles. *Journal of Veterinary Medicine A* **52**: 1-7.
- Chagas, L.M.; Lucy, M.C.; Back, P.J.; Blache, D.; Lee, J.M.; Gore, P.J.; Sheahan, A.J.; Roche, J.R. 2009: Insulin resistance in divergent strains of Holstein-Friesian dairy cows offered fresh pasture and increasing amounts of concentrate in early lactation. *Journal of Dairy Science* **92**: 216-22.
- Chilliard, Y. 1999: Metabolic adaptations and nutrient partitioning in the lactating animal. In: *Biology of Lactation*. Martinet, J.; Houdebine, L.M.; Head, H.H., eds. Inserm/INRA, Paris, France. p. 503-552.
- De Feu, M.A.; Patton, J.; Evans, A.C.; Lonergan, P.; Butler, S.T. 2008: The effect of strain of Holstein-Friesian cow on size of ovarian structures, periovulatory circulating steroid concentrations, and embryo quality following superovulation. *Theriogenology* **15**: 1101-1110.
- Holtenius, K.; Agenäs, S.; Delavaud, C.; Chilliard, Y. 2003: Effects of feeding intensity during the dry period. 2. Metabolic and hormonal responses. *Journal of Dairy Science* **86**: 883-891.
- Kolver, E.S.; Muller, L.D. 1998: Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science* **81**: 1403-1411.
- Kolver, E.S.; Roche, J.R.; de Veth, M.J.; Thorne, P.L.; Napper, A.R. 2002: Total mixed rations vs pasture diets: evidence of a genotype x diet interaction in dairy cow performance. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **62**: 246-251.
- Lucy, M.C. 2001: Reproductive physiology and management of high yielding dairy cattle. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **61**: 120-127.
- Lucy, M.C.; Verkerk, G.A.; Whyte, B.E.; Macdonald, K.A.; Burton, L.; Cursons, R.T.; Roche, J.R.; Holmes, C.W. 2009: Somatotropic axis components and nutrient partitioning in genetically diverse dairy cows managed under different feed allowances in pasture system. *Journal of Dairy Science* **92**: 526-539.
- Macdonald, K.A., Verkerk, G.A., Thorrold, B.S., Pryce, J.E., Penno, J.W., McNaughton, L.R., Burton, L.J., Lancaster, J.A., Williamson, J.H., Holmes, C.W. 2008: A comparison of three strains of Holstein-Friesian grazed on pasture and managed under different feed allowances. *Journal of Dairy Science* **91**: 1693-707.
- Margolles, E. 1983: Metabolitos sanguíneos en vacas altas productoras durante la gestación-lactancia en las condiciones de Cuba y su relación con trastornos del metabolismo. *Revista Cubana de Ciencias Veterinarias* **10**: 228-235.
- Meikle, A.; Kulcsar, M.; Chilliard, Y.; Febel, H.; Delavaud, C.; Cavestany, D.; Chilbroste, P. 2004: Effects of parity and body condition score at calving on endocrine and reproductive parameters of the dairy cow under grazing conditions. *Reproduction* **127**: 727-737.
- National Research Council. 2001: *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th Revised Edition. National Academy of Science, Washington, D.C., USA.
- Pereira, I.; Laborde, D.; Carriquiry, M.; Lopez-Villalobos, N.; Meikle, A. 2010: Productive and reproductive performance of Uruguayan Holstein and Uruguayan Holstein x New Zealand Holstein Friesian cows in a predominantly pasture-based system. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* **70**: 306-310.
- Spicer, L.J.; Echternkamp, S.E. 1995: The ovarian insulin and insulin-like growth factor system with an emphasis in domestic animals. *Domestic Animal Endocrinology* **12**: 223-245.
- Wathes, D.C.; Bourne, N.; Cheng, Z.; Mann, G.E.; Taylor V.J.; Coffey, M.P. 2007: Multiple correlation analysis of metabolic and endocrine profiles with fertility in primiparous and multiparous cows. *Journal of Dairy Science* **90**: 1310-1325.
- Wathes, D.C.; Reynolds, T.S.; Robinson, R.S.; Stevenson, K.R. 1998: Role of the insulin-like growth factor system in uterine function and placental development in ruminants. *Journal of Dairy Science* **81**: 1778-1789.