

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**IMPACTO DE DIFERENTES GANANCIAS DE PESO VIVO SOBRE EL
DESARROLLO CORPORAL POST DESLECHE EN TERNERAS HOLSTEIN**

por

APPOLONI, Diego
BOSCH, María Agustina
NOGUERA, Germán

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

MODALIDAD Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2016**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de Mesa:
Dr. Álvaro Santana

Segundo Miembro (Tutor):
Ing. Agr. Alejandro Mendoza

Tercer Miembro:
Dra. Carolina Fiol

Cuarto Miembro (Co-tutor):
Dr. Emanuel De la Quintana

Fecha:

Autores:
Diego Manuel Appoloni Rotela

.....
María Agustina Bosch Velázquez

.....
Germán Noguera Elizarzá

AGRADECIMIENTOS

- Al Ing. Agr. Alejandro Mendoza y al Dr. Emanuel de la Quintana por darnos la oportunidad de realizar este trabajo, y guiarnos a lo largo de la elaboración del mismo.
- Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA, La Estanzuela) y a su personal, por el apoyo brindado y por facilitarnos la utilización de instalaciones y animales, además de su colaboración en el manejo de los mismos.
- A los funcionarios de la Biblioteca de Facultad de Veterinaria, por su colaboración en la búsqueda de material bibliográfico.
- A nuestra familia y amigos por todo el apoyo brindado durante toda la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	5
1. RESUMEN.....	6
SUMMARY	7
2. INTRODUCCIÓN.....	8
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
3.1. La reposición en el sistema de producción	10
3.2. Situación de la recría en Uruguay	10
3.3. Beneficios de la intensificación de la recría	11
3.4. Crecimiento y desarrollo corporal	11
3.5. Desarrollo del tejido mamario	12
3.6. Impacto del plano de alimentación pre-pubertad sobre el crecimiento, desarrollo y otras variables de interés productivo en terneras.....	13
4. HIPÓTESIS.....	18
5. OBJETIVOS.....	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos	19
6. MATERIALES Y MÉTODOS	20
Mediciones realizadas	21
Análisis estadístico	22
7. RESULTADOS	23
8. DISCUSIÓN.....	28
9. CONCLUSIÓN.....	31
10. BIBLIOGRAFÍA.....	32

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Ingredientes usados en la ración totalmente mezclada usada durante el período de aplicación de los tratamientos	21
Tabla 2. Composición química de los alimentos usados en el período de aplicación de los tratamientos y el período residual.....	22
Tabla 3. Probabilidad de los efectos incluidos en los modelos de análisis de las variables registradas durante el período de aplicación de tratamientos, y el período residual.....	23
Tabla 4. Ecuaciones de regresión de variables (Y) de peso y medidas corporales según tiempo (X): ($Y = B_0 + B_1X$), para el período de aplicación de los tratamientos.....	24
Tabla 5. Ecuaciones de regresión de variables (Y) de peso y medidas corporales según tiempo (X): ($Y = B_0 + B_1X$), para el período residual.....	24
Figura 1 Relación entre la ganancia de peso pre-pubertad y la producción de leche en la primera lactancia (Zanton y Heinrichs, 2005)	15
Figura 2. Evolución del peso vivo en vaquillonas Holando manejadas con un plano de alimentación para lograr una ganancia de peso de 600 (media) u 800 (alta) g/día. El período de aplicación de tratamientos (120 días) corresponde a la barra negra, y el período de evaluación residual (150 días) corresponde a la barra blanca.....	25
Figura 3. Evolución de la altura a la cruz en vaquillonas Holando manejadas con un plano de alimentación para lograr una ganancia de peso de 600 (media) u 800 (alta) g/día	25
Figura 4. Evolución de la altura a las caderas en vaquillonas Holando manejadas con un plano de alimentación para lograr una ganancia de peso de 600 (media) u 800 (alta) g/día	26
Figura 5. Evolución de la circunferencia torácica en vaquillonas Holando manejadas con un plano de alimentación para lograr una ganancia de peso de 600 (media) u 800 (alta) g/día	26
Figura 6. Evolución del ancho entre caderas del pecho en vaquillonas Holando manejadas con un plano de alimentación para lograr una ganancia de peso de 600 (media) u 800 (alta) g/día	27

1. RESUMEN

En este trabajo se estudió el efecto del nivel de alimentación sobre el crecimiento y desarrollo corporal a partir del desleche y hasta los 347 días de vida. El experimento se llevó a cabo en INIA “La Estanzuela”, y se utilizaron 40 terneras Holstein luego del desleche. Los tratamientos consistieron en 2 planos de alimentación durante 120 días, con el objetivo de obtener 2 ganancias de peso vivo diferentes: TALTA (800 g/d) y TMEDIA (600 g/d). Luego de este período, a todos los animales se les hizo el mismo manejo durante 150 días consecutivos. Se realizaron mediciones de peso vivo, altura a la cruz, altura al anca, ancho de caderas y circunferencia a la altura del pecho durante el período en que se aplicaron los tratamientos y durante el período posterior, para evaluar un posible efecto residual de los tratamientos aplicados previamente. Las vaquillonas TALTA tuvieron una mayor ganancia de peso y una mayor tasa de ganancia en las distintas variables morfológicas que las TMEDIA durante el período de aplicación de los tratamientos. Sin embargo, no se evidenciaron diferencias en estas tasas de ganancia durante el período residual debidas a los tratamientos.

SUMMARY

In this study we evaluated the effects of feeding level on growth and body development after weaning. The experiment was carried out at INIA "La Estanzuela" and used 40 Holstein calves after weaning. The treatments consisted of two levels of feeding that were applied for 120 consecutive days until day 347 of life, in order to obtain two different daily gains: TALTA (800 g/d) and TMEDIA (600 g/d). During the application of treatments measurements of body weight, withers and hip height, hip width and heart girth were taken. These measurements were also performed for 150 days after the end of treatments to evaluate a possible residual effect. TALTA heifers had a higher daily weight gain and also morphological traits gain than TMEDIA during the period when treatments were applied. However, no differences were evident in these weight and body measures gain during the residual period.

2. INTRODUCCIÓN

La recría de vaquillonas constituye el período entre el destete de una ternera y el inicio de su primera lactancia. Las vaquillonas recriadas reemplazan a los animales que se eliminan anualmente del rodeo lechero, pudiendo afectar de esta manera el futuro productivo del rodeo (González, 2010). Por lo tanto, es necesario un adecuado manejo y nutrición para proveer un alto número de vaquillonas aptas para reposición (Castagnola 2008).

Según González (2010), la recría constituye la etapa de crecimiento más eficiente para convertir alimento en músculo y hueso. Esto es debido a que los animales menores de 6 meses incrementan su peso y sus medidas corporales de manera más rápida, debido en parte a menores requerimientos de mantenimiento en animales más jóvenes y a su mayor eficiencia de conversión de alimento (Kertz y col., 1998; NRC, 2001). Por lo tanto, esta es una etapa donde es importante brindar una adecuada alimentación en esta etapa, por lo que las restricciones en la cantidad y calidad de alimento consumido por las vaquillonas en esta etapa prolongan la edad a la cual reciben el primer servicio y además resultan en vaquillonas que llegan con un bajo peso al parto.

En este sentido, en Uruguay, la edad promedio a la concepción es de 26,6 meses, y al primer parto es de 35,6 meses (INML, 2012), valores que están lejos del óptimo tanto biológico como económico de 24 meses al primer parto sugerido por autores como Pirlo y col. (2000). Esto es posiblemente debido a que tradicionalmente son pocos los recursos que se asignan a la recría, ya que es una actividad que demanda inversiones y gastos pero solamente genera ingresos una vez que el animal comienza la lactancia o es vendido. Por esta razón, luego del desleche las hembras tradicionalmente reciben menor atención que los animales en producción, relegándolas a un potrero de baja calidad de pasturas, con poca o ninguna suplementación, dándoles su real importancia recién al momento del primer servicio (Mendoza, 2007).

Distintos autores han cuantificado los pesos óptimos que deberían alcanzar las vaquillonas en distintos momentos de la recría, de modo que la misma sea eficiente. Para ello se ha establecido que las vaquillonas en distintos biotipos lecheros deberían tener una tasa de crecimiento que les permita alcanzar el 30% del peso adulto a los 6 meses, el 60% a los 15 meses (momento del servicio) y el 85-90% a los 24 meses (momento del parto). Sin embargo, una tasa de crecimiento muy acelerada puede tener efectos negativos sobre el desarrollo de la glándula mamaria, que podrían afectar la capacidad futura de producción de leche de la vaquillona, por lo que se ha sugerido que la ganancia diaria de peso óptima para vaquillonas con un peso adulto de 600 a 650 kg es de entre 800 y 900 g/d; ganancias mayores causarían altas deposiciones grasas en los tejidos (Abeni y col., 2000; NRC, 2001).

Debido a que la actividad lechera tiene que competir con el recurso suelo con otras actividades como la agricultura o la forestación, la opción de intensificar la recría de tambo aparece como una alternativa a considerar, con el objetivo final de reducir la

edad al primer parto, de forma de mantener la competitividad del sector. Una ventaja de la intensificación de esta actividad sería la posibilidad de poder entorar las vaquillonas a los 14-15 meses de edad para que tengan su primer parto a los 24-25 meses, pero también un mayor progreso genético anual, y la posibilidad de liberar área para realizar otras productivas, en la medida que se precisan menos animales para mantener el tamaño del rodeo (Mendoza, 2007). Por lo tanto, sería interesante estudiar el impacto de estrategias de alimentación en estas tempranas de la vida del animal sobre el desarrollo corporal de vaquillonas lecheras.

Recientemente se ha reportado que una intervención nutricional de distinta duración en etapas tempranas de la vida del animal no solo tiene un impacto en el desarrollo corporal y la eficiencia de uso de alimento en el corto plazo, sino también efectos a más largo plazo, como por ejemplo sobre la llegada a la pubertad de los animales o la producción futura (Soberon y Van Amburgh, 2013). Esto podría verse como una “memoria fisiológica” en distintos tejidos u órganos del animal, que son expresar una respuesta tiempo después de haber sido estimulados de alguna forma (ej. a través de la nutrición), lo que hace muy atractiva esta línea de trabajo. Trabajos previos realizados en Uruguay han evaluado el impacto de la alimentación en terneras pre-desleche sobre este tipo de variables productivas y reproductivas (De Trinidad, 2014). En el presente trabajo también se pretende estudiar el efecto de distintas estrategias de alimentación pero que se aplican en una etapa posterior (luego del desleche). Asimismo, se buscará estudiar el efecto residual sobre del desempeño de los animales una vez que se dejan de aplicar los tratamientos, ya que esta información es muy poco reportada en experimentos de este tipo.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. La reposición en el sistema de producción

El descarte de vacas en el tambo, ha sido históricamente del 20 al 25 % de las vacas, pero con la intensificación de los sistemas de producción y los mayores niveles de exigencia a la hora de descartar ya sea por problemas reproductivos, mastitis y otras causas, este se encuentra más cercano a niveles del 25 a 30 % de los animales y con casos extremos de hasta el 35% de reposición anual (Berra y Osacar, 2012).

El periodo de recría de las terneras de reemplazo de tambo está comprendido entre el fin de la crianza y el primer parto (González, 2010). Generalmente en esta etapa se utilizan dietas con gran proporción de pasturas. Sin embargo, existen varios manejos nutricionales en esta etapa, y van desde el total confinamiento de los animales a los que usan pasturas de alta calidad con suplementación en distintos niveles (Zanton y Heinrichs, 2005).

3.2. Situación de la recría en Uruguay

Durante la recría el productor incurre en costos sin obtener una retribución monetaria inmediata. Por esta razón, luego del desleche las hembras tradicionalmente reciben menor atención que los animales en producción, relegándolas a un potrero de baja calidad de pasturas, con poca o ninguna suplementación, dándoles su real importancia recién al momento del primer servicio. Sin embargo, deficiencias en los periodos de cría y recría podrían afectar significativamente el desempeño productivo y reproductivo futuro, como se verá más adelante. Dicha merma en la producción podría ser muy importante, ya que las vacas de primer parto constituyen entre el 20 y 30% del rodeo en ordeño (Conaprole, 2008).

La edad promedio al primer parto en nuestro país oscila en el entorno de los 35 meses (INML, 2012), valores que distan del óptimo tanto biológico como económico de alrededor de 24 meses señalado por autores como Pirlo y col. (2000), probablemente por los pocos recursos que se asignan tradicionalmente a la recría, por los motivos ya expuestos. Por ejemplo, en un relevamiento de 13 campos de recría de Uruguay comprendiendo unas 18000 vaquillonas (Costa y col., 2010), surgió que en promedio los animales volvían a los tambos de origen a parir con 33 meses y 476 kg de peso, pero con un rango de 29 a 39 meses y un peso de 447 a 516 kg, lo que habla de valores por debajo de lo recomendado. En promedio, el área destinada a campo natural en estos campos fue 54%; considerando la alta demanda de nutrientes que se debería ofrecer a esta categoría, surge que la calidad de alimento ofrecido en esta situación sería insuficiente, y explicaría los indicadores de desempeño mencionados.

En sentido similar, en una encuesta realizada por INALE (2014) se observó que solo un 1% de los productores utiliza al corral en forma exclusiva como método de recría de vaquillonas, y un escaso 4% lo combina con pasturas. Estos datos evidencian

que el principal sistema de alimentación es en base a la utilización de pasturas, ya sea pradera exclusivamente (11%), campo natural (12%), combinación de estas (30%), o suplementaciones en la pradera (37%). Nuevamente se destaca la alta proporción de campo natural únicamente o en combinación con otro tipo de pasturas, y su impacto en la calidad global de la dieta ofrecida.

3.3. Beneficios de la intensificación de la recría

La intensificación de la recría en la producción lechera aumentando las ganancias de peso, tiene ventajas como la posibilidad de servir los reemplazos a los 14-15 meses de edad para que tengan su primer parto a los 24-25 meses (Mendoza, 2007); esto permite reducir el tiempo en que no se recupera la inversión (Gardner y col., 1988). Otros beneficios radican en la liberación de áreas para destinarlas a otra actividad productiva, así como la mayor independencia de situaciones climáticas adversas (Mendoza, 2007). Otro aspecto importante es que los animales jóvenes tienen una mayor eficiencia en la conversión de los alimentos (Di Marco, 1994). Además es importante, aunque muchas veces no se tiene en cuenta, la disminución del intervalo generacional, con el consecuente aumento del progreso genético, tan valioso a la hora de implementar una estrategia de selección (Mendoza, 2007).

Cuando el manejo de la recría se realiza a corral, como forma de intensificar esta actividad, se tiene el beneficio adicional de poder controlar de forma precisa la oferta de nutrientes para las vaquillonas, y así lograr con mayor precisión las ganancias de peso objetivo, algo que es más difícil de lograr en los sistemas tradicionales donde las pasturas son la principal fuente de alimento (Conaprole, 2008). Además, se logra una mayor independencia de las variables climáticas, que tienen un mayor impacto sobre los sistemas que utilizan mayor cantidad de pastura cosechada de forma directa.

En términos económicos, la recría intensiva para lograr el primer parto a los 24 meses tiene un costo de U\$S 1250 aproximadamente, y la recría tradicional de U\$S 840. Sin embargo, con el manejo acelerado se elimina una categoría de recría, dando como resultado una disminución de los costos totales (Dodera y Pastorini, 2012). A modo de ejemplo, los autores citados indicaron que, para un rodeo de 100 vaca masa y una tasa de descarte de 28%, se precisa tener casi un tercio más de vaquillonas en el predio cuando la edad al primer parto es de 32 meses en comparación con 24 meses.

3.4. Crecimiento y desarrollo corporal

El término crecimiento se refiere a aquellos cambios en el animal que se manifiestan en cambios medibles, particularmente en un aumento de tamaño. Se define básicamente como el aumento de la masa corporal debido a la ganancia o retención diferencial de tejido magro y adiposo, como consecuencia de procesos metabólicos a nivel celular (Di Marco, 1994). Por otra parte, se define al desarrollo como la sucesión de cambios en la conformación corporal, que es acompañada de la

expansión completa de diferentes funciones y/o facultades (Benevent, 1981, cit. por Surraco, 1993).

El crecimiento está regulado principalmente por el hipotálamo, a través del mismo llegan mensajes exógenos y endógenos transformando dicha información por medio de la síntesis de sus factores de liberación, estimulando o atenuando la síntesis de hormonas hipofisarias. Estas a su vez actúan con las hormonas tiroideas, los niveles de insulina, esteroides, y glucocorticoides, regulando los niveles de somatomedinas, e influyendo en el crecimiento y consumo (Fernández Abella, 1993).

La hormona de crecimiento actúa favoreciendo la retención de proteínas, la división celular y la movilización de grasa (Di Marco, 1994). La hormona de crecimiento, también llamada somatotrofina (GH) es secretada por la adenohipofisis y es la principal hormona anabólica. Tiene acción lipolítica y diabétogénica. Su principal función es favorecer la liberación de IGF-I a nivel hepático. La IGF-I a su vez promueve la toma de aminoácidos por las células musculares e incrementan la síntesis de ácidos nucleicos. También actúa incrementando la incorporación de aminoácidos a la cadena proteica, por un mecanismo independiente al de la regulación de glucosa (Fernández Abella, 1993).

Los niveles de estas hormonas, así como el número de receptores para las mismas son controlados por el balance nutricional del animal, estrés, cambios ambientales y características del animal (Di Marco, 1994). Por ejemplo, cuando los niveles de energía ingeridos por el animal son bajos, también será baja la concentración sanguínea de insulina. La insulina interviene en la formación de los receptores a GH en el hígado y por lo tanto en los niveles de IGF-I (Diskin y col., 2003). Asimismo, se ha observado que la concentración de IGF-I en sangre aumenta cuando aumenta la cantidad de proteína indegradable en rumen administrada en la dieta (Capuco y col., 2004). Entonces, un plano de alimentación bajo tendrá repercusión a nivel del crecimiento.

Otras hormonas, como las tiroideas, también tienen influencia directa sobre el crecimiento muscular, a nivel de anabolismo y catabolismo celular, dependiendo del balance hormonal y nutritivo del animal. Los glucocorticoides en animales prepúberes son el principal agente inhibidor del crecimiento de todos los tejidos (Fernández Abella, 1993).

3.5. Desarrollo del tejido mamario

Las estructuras básicas de la glándula mamaria se forman en la etapa fetal, pero el tejido epitelial es aún rudimentario al nacimiento. En los primeros tres meses de vida la glándula mamaria crece a la misma velocidad que el resto del cuerpo, llamándose a esto crecimiento isométrico. Luego hasta el inicio de la pubertad, el tejido crece a mayor velocidad por alargamiento y ramificación de los conductos, denominándose crecimiento alométrico. Entre la pubertad y el tercer mes de la gestación la glándula mamaria vuelve a crecer de forma isométrica, pero a partir de allí la secreción de

estrógenos promueve un nuevo crecimiento alométrico de la glándula (Sejrsen y Purup, 1997).

Los principales efectos negativos del nivel de alimentación sobre el desarrollo mamario estarían dados durante el primer crecimiento alométrico, coincidiendo con el período de recría (Sejrsen y Purup, 1997). Por lo tanto, el desarrollo del sistema mamario se produce y define en los primeros diez meses de vida de la ternera. En lo que se refiere a la futura ubre, lo que no se logre allí, nunca más se logrará. Una limitación nutricional en ésta etapa significa menor cantidad de células secretoras, y por lo tanto menor potencial de producción de leche (Capuco y col., 2004).

La tasa de crecimiento del tejido mamario en la fase de crecimiento alométrico es probablemente, influenciada por los cambios en la concentración de la hormona del crecimiento y los estrógenos (Lammers y col., 1999). Como en la pubertad se produce un aumento de la frecuencia de pulsos de la hormona luteinizante, se estimula el desarrollo de folículos ováricos más grandes, que llevan a un aumento en la producción de estrógenos. Una vez llegada la pubertad, la secreción de progesterona por los cuerpos lúteos del ovario señala el fin de la fase de crecimiento alométrico prepuberal (Sejrsen y Purup, 1997).

Según Lammers (1999) sin estrógenos, no hay desarrollo mamario, y con suficientes estrógenos, los niveles de hormona de crecimiento son necesarios para el óptimo desarrollo de tejido mamario durante el período prepuberal. También una secreción inadecuada de GH puede estar implicada en la depresión del crecimiento observado en animales sobrealimentados, ya que las concentraciones de esta hormona están inversamente relacionadas con el balance de energía de los animales (Sejrsen y col., 1986).

La GH actuaría aumentando los niveles de IGF, estimulando así indirectamente la proliferación del tejido mamario. Sin embargo, la sensibilidad de los receptores de IGF de dicho tejido se reduce cuando aumenta el nivel de alimentación, lo cual explicaría en parte los efectos adversos de un alto plano de alimentación prepuberal, y que sería adicional al efecto directo del engrasamiento del tejido mamario (Sejrsen y Purup, 1997).

3.6. Impacto del plano de alimentación pre-pubertad sobre el crecimiento, desarrollo y otras variables de interés productivo en terneras

La elaboración de un sistema de recría debe considerar que aproximadamente el 50% de la ganancia total de altura ocurre durante los primeros 6 meses de vida, con 25% pasando de 7 a 12 meses y el restante 25% durante los 12 meses antes del parto (Kertz y col., 1998). Los costos de alimentación son generalmente más bajos por unidad de ganancia durante los primeros 6 meses de vida y luego aumenta a un ritmo decreciente durante los siguientes 18 meses. Por lo tanto asegurar un crecimiento adecuado durante los primeros 6 meses es crucial para el éxito en esta etapa de la vida de la hembra y es donde la nutrición y el manejo deben ser óptimos.

Se debe considerar que el peso vivo no es el único factor a considerar en la evaluación del crecimiento, sino que también debe tenerse en cuenta el desarrollo esquelético y la condición corporal. Algunas de estas variables pueden ser evaluadas a través de la medición de variables morfológicas como la altura a la cruz, la longitud corporal, la circunferencia torácica y el área pélvica (Ballent y col., 2003; Le Cozler y col., 2008). La medición del grado de desarrollo corporal, particularmente de la glándula mamaria, puede ser realizada con técnicas más detalladas y que generalmente se reservan para su uso en experimentación, como por ejemplo la biopsia de glándula mamaria o el uso de ultrasonografía (Nishimura y col., 2011).

Las ganancias diarias de peso consideradas óptimas para maximizar la producción en la primera lactancia se encuentran entre 800 y 900 g/d para terneras de raza Holstein, y para razas de menor tamaño entre 500 y 650 g/d. Las ganancias excesivas pueden aumentar el riesgo de problemas con el desarrollo mamario, particularmente si la proteína ofrecida en la ración es limitada. Otros autores también han propuesto valores óptimos de ganancia de peso, Abeni y col. (2000) establecen valores entre 700 a 800 g/d, y Zanton y Heinrichs (2005) recomiendan ganancias de 800 a 900 g/d para vaquillonas con un peso adulto de entre 600 a 650 kg (Figura 1). Si bien es posible que una mayor ganancia de peso durante la recría lleve a que los animales lleguen al parto con una menor edad y peso, y como consecuencia puedan producir menos en la primera lactancia, estos animales tendrán una mayor producción a lo largo de su vida productiva (Dobos y col., 2001; Krpálková y col., 2014).

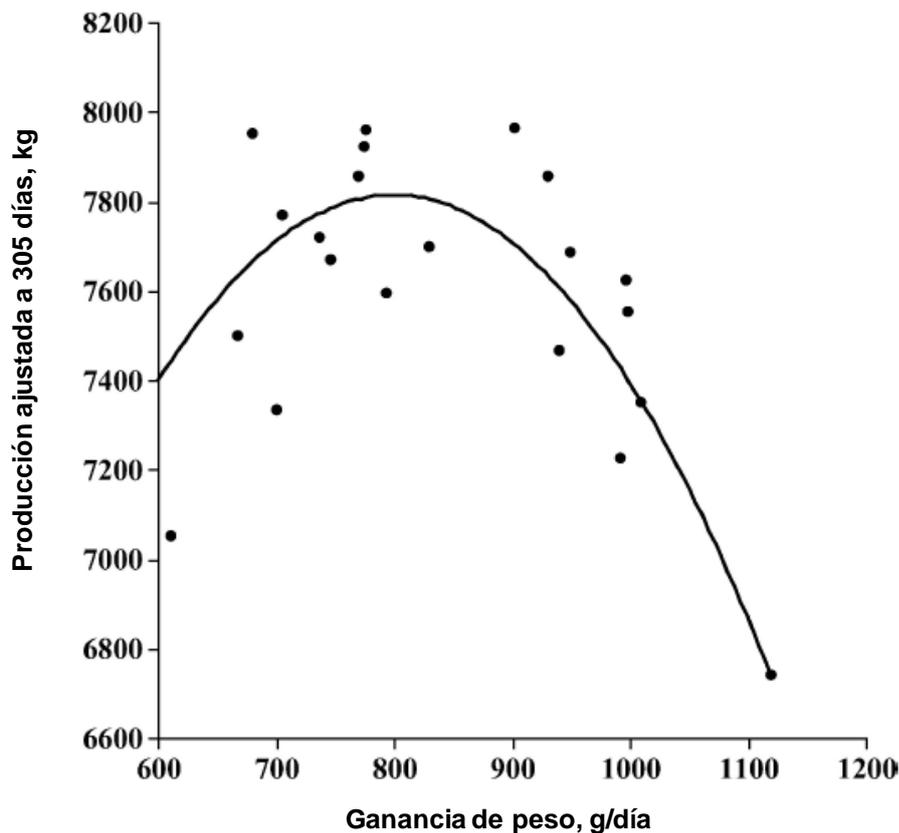


Figura 1: Relación entre la ganancia de peso pre-pubertad y la producción de leche en la primera lactancia (Zanton y Heinrichs, 2005).

De acuerdo con el NRC (2001), cuando el consumo de energía se incrementa, la tasa de deposición de proteína se vuelve limitante, y como consecuencia el exceso de energía se deposita como grasa, con el consiguiente efecto adverso sobre el crecimiento de la glándula mamaria. Por lo tanto, en esta etapa temprana, resultaría conveniente incrementar el contenido proteico de la dieta (Ballent y col., 2003). En relación a esto, Whitlock y col. (2002) no encontraron diferencias significativas en el desarrollo del parénquima mamario entre tratamientos con alta y baja proteína, siempre y cuando existan cantidades suficientes para el crecimiento. También se han sugerido relaciones de al menos 46 a 48 g proteína cruda/Mcal EM para no afectar el crecimiento en recrias aceleradas (Whitlock y col., 2002), o de 65 a 70 g proteína cruda /Mcal (Vandehaar, 1997). Otros autores han reportado un beneficio sobre el desarrollo si hay un suministro adecuado de proteína indegradable en rumen (Bethard y col., 1997; Capuco y col., 2004).

Como fuera mencionado, algunos trabajos han indicado que cuando aumentan las tasas de crecimiento prepuberal de los reemplazos, disminuye el tiempo de concepción y por lo tanto la edad al primer parto (Sejrsen y Purup, 1997). Esto podría deberse solamente a que los animales en menos tiempo logran llegar al peso mínimo de servicio, pero también a que estos animales podrían llegar antes a la

pubertad y/o ser potencialmente más fértiles. Por ejemplo, Yelich et al. (1996) reportaron que vaquillonas de razas carniceras con un alto plano de alimentación pre-pubertad alcanzaron antes la pubertad que vaquillonas con un menor plano de alimentación. De manera similar, Straumann y col. (2008) que una menor proporción de vaquillonas cruza que pierden peso durante su primer invierno de vida llegan a la pubertad respecto a vaquillonas que ganaron peso en dicho período. Usando animales de razas lecheras, Luna-Pinto y Cronjé (2000) y De Trinidad (2014) reportaron que terneras con un mejor plano de alimentación post- o pre-desleche (respectivamente), llegaron antes a la pubertad que terneras con un menor plano de alimentación. En todos estos casos, la llegada más temprana a la pubertad estuvo asociada con cambios a nivel de metabolitos y/u hormonas involucradas en el desarrollo reproductivo de los animales.

A continuación se describirán algunos trabajos cuyo foco específico fue evaluar el efecto del plano de alimentación aplicado luego del desleche pero antes de la pubertad sobre el crecimiento y desarrollo corporal de las vaquillonas. Por ejemplo, Radcliff y col. (1997) evaluaron dos dietas para lograr dos ganancias de peso diferentes en vaquillonas de 126 kg de peso, entre los 120 días de vida y la primera ovulación; como tratamiento control se fijó una ganancia de 800 g/d, y como tratamiento alto una ganancia de 1200 g/d. En este experimento se evidenció un mayor desarrollo corporal y mayor peso de la carcasa en los animales con alta ganancia de peso, aunque no hubo diferencia en el peso a la pubertad.

Kertz y col. (1987) evaluaron diferentes planos nutricionales en vaquillonas entre los 60 y los 172 días de edad: una dieta control, otra formulada para lograr un alto aporte de energía, y otra para lograr tanto un alto aporte en energía como en proteína. En dicho trabajo no se evidenciaron diferencias para peso, altura a la cruz, ni circunferencia a la altura del pecho entre los distintos tratamientos.

Lammers y col. (1999) realizaron un experimento donde estudiaron el impacto de dos dietas diseñadas para lograr dos ganancias de peso diarias entre las 19 y las 39 semanas de vida: la dieta control fue formulada para lograr una ganancia de 700 g/d, mientras que la otra se formuló para lograr ganancias de 1000 g/d. Los autores encontraron diferencias para peso, altura a la cruz, circunferencia a la altura del pecho y ancho de caderas en favor de los animales que ganaron 1000 g/d. Sin embargo, las vaquillonas que tuvieron un menor crecimiento entre las 19 y 39 semanas, ganaron más peso entre la semana 39 y hasta el momento del parto, período en el que todos los animales se habían manejado de la misma forma.

En un trabajo más reciente, Abeni y col. (2012) compararon dietas para alcanzar ganancias de 700 g/d o 900 g/d en vaquillonas a partir de los 5 meses de vida. Los autores reportaron diferencias solamente para circunferencia a la altura del pecho y peso vivo para el alto plano nutricional, siendo no significativas para altura a la cruz y altura al anca.

En resumen, estos trabajos indican que aumentar el plano de alimentación en terneras pre-púberes de razas lecheras generalmente mejora tanto el crecimiento

como el desarrollo corporal, pero se resalta que hay muy poca información sobre los efectos residuales de este manejo.

4. HIPÓTESIS:

Las terneras manejadas con un plano de alimentación para lograr una alta ganancia de peso vivo luego del desleche tendrán un mayor crecimiento y desarrollo corporal que las de tratamiento de ganancia media de peso, pero no habrá diferencias en las tasas de ganancia de peso u otras medidas corporales una vez finalizada la aplicación de las dietas diferenciales y que todos los animales pasen a ser manejados de la misma forma.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto directo y residual de aplicar planos de alimentación para obtener distintas ganancias de peso sobre el crecimiento y el desarrollo corporal de terneras Holstein luego del desleche.

Objetivos específicos

Estudiar de qué manera los distintos planos de alimentación evaluados luego del desleche afectarán, tanto en el período de aplicación de los tratamientos como durante el período residual, a la evolución de las siguientes variables:

- el peso vivo
- la altura a la cruz y al anca
- el ancho entre caderas
- la circunferencia torácica

6. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo forma parte de un proyecto más amplio, cuyo principal objetivo es evaluar la repercusión de la intensificación de la recría sobre la producción de leche en la primera lactancia. En esta tesis se reportan solamente los datos referidos a evolución de peso y distintas medidas corporales como la altura a la cruz y a las caderas, ancho entre caderas y circunferencia a la altura del pecho.

El ensayo experimental se realizó en la Unidad de Lechería del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIA “La Estanzuela Dr. Alberto Boerger”, ubicada en el departamento de Colonia sobre la Ruta 50, km 11; a 180 kilómetros de Montevideo, y 25 kilómetros de la Ciudad de Colonia del Sacramento.

Para esto, se usaron 40 terneras Holstein nacidas durante marzo y abril, que estaban con un correcto calostrado ($> 5,2$ mg/dL de proteínas totales en suero) y que no hubieran tenido enfermedades en la etapa de cría. Todos los animales luego del desleche (aproximadamente al día 49 de vida) tuvieron un manejo similar: hasta el día 77 se alimentaron con heno de alfalfa a voluntad y un concentrado iniciador comercial a razón de 2 a 2,5% del peso vivo.

Luego de este período, los animales se agruparon en grupo de 4 animales, procurando que fueran homogéneos entre sí en cuanto a edad y peso, y cada grupo se asignó al azar a uno de dos tratamientos, obteniéndose 5 repeticiones (corrales) de 4 animales cada uno por cada tratamiento. Como no se contaba con todos los animales en el mismo momento, las terneras entraban en tandas o bloques de 8 animales, por lo que hubo 5 tandas de ingreso de animales al experimento. Al ingresar a los tratamientos, los animales tenían $77,7 \pm 8,1$ días de vida, y pesaban $77,5 \pm 9,2$ kg.

A los animales se les aplicó los tratamientos durante 120 días consecutivos, lo que de acá en adelante se llamará “período de aplicación” de los tratamientos. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

- Plano de alimentación para alcanzar una ganancia media, de 600 g/día (**TMEDIA**)
- Plano de alimentación para alcanzar una ganancia alta, de 800 g/día (**TALTA**)

Luego del período de aplicación de los tratamientos, los animales se manejaron como un único lote. En este trabajo se reportará además el desempeño de los animales durante un período de 150 días a partir del fin de la aplicación de los tratamientos; a este período se le llamará “período residual” de aquí en más.

Cada grupo de 4 animales se manejó en un corral con una superficie de 100 m² por animal, contando con bebedero y comedero colectivo. Las vaquillonas se alimentaron con una ración totalmente mezclada compuesta por ensilaje de maíz, heno de alfalfa, harina de soja, grano seco de maíz, y aditivos, que fue formulada

usando el NRC (2001) (Tabla 1). Para obtener las ganancias buscadas en cada tratamiento, se modificó la cantidad ofrecida a cada grupo en función de las características (peso y edad) de los animales en cada uno de ellos. La ración totalmente mezclada fue preparada diariamente y se suministró en una única vez por día a las 10:00 h. Dicha ración totalmente mezclada fue formulada para que tuviera una relación proteína cruda / EM de al menos 85 g/Mcal.

Tabla 1. Ingredientes usados en la ración totalmente mezclada usada durante el período de aplicación de los tratamientos.

	% (base seca)
Ensilaje maíz	30,9
Heno de alfalfa	24,1
Harina de soja	30,6
Grano seco de maíz	10,8
Bicarbonato de sodio	1,3
Sal mineral comercial	1,3
Óxido de magnesio	0,6
Fosfato dicálcico	0,4

Luego del fin de período de aplicación, las vaquillonas pasaron a manejarse como un único grupo hasta el final del período residual. En este caso, los animales se manejaron sobre pasturas a base de alfalfa (*Medicago sativa*) y festuca (*Festuca arundinacea*) con una oferta de materia seca equivalente a 3% del peso vivo, el mismo concentrado comercial usado luego del desleche ofrecido a razón de 1% del peso vivo (base fresca) y henolaje de alfalfa ad libitum. Si bien la disponibilidad de MS de pastura no fue medida, solo se ofreció a los animales pasturas que tuvieran un mínimo de entre 15 y 20 cm al ingresar a la misma.

Mediciones realizadas

Peso

Las terneras se pesaron el día de ingreso a los tratamientos, y luego cada 15 días. Se pesaron siempre a la misma hora, previo al momento de la oferta de la ración totalmente mezclada, para disminuir así la influencia del llenado. Para el pesaje se usó una balanza electrónica (True test, EC2000, Auckland, New Zealand). Durante el período residual los animales se pesaron también de mañana, previo a la oferta de concentrado, pero cada 30 días.

Mediciones corporales

A partir del día de ingreso al experimento y cada 30 días de iniciado el mismo, se midió: altura a la cruz, altura a la cadera, ancho entre caderas, con una regla graduada específica para este uso. En las mismas fechas se determinó la circunferencia torácica, usando una cinta bovinométrica (Coburn®; Holstein Dairy Cow Weight Tape). Dichas mediciones se hicieron en un piso nivelado, con el animal

correctamente parado y tranquilo, de manera de obtener los datos de forma precisa. Durante el período residual las mediciones se hicieron cada 30 días. En ambos períodos las mediciones se realizaron de mañana, antes de la ingesta de ración totalmente mezclada o de concentrado.

Composición química de los alimentos

Durante el período de aplicación de los tratamientos se tomaron muestras semanales de la ración totalmente mezclada confeccionada, en las que se determinó: contenido de materia seca, cenizas y proteína cruda (AOAC, 1990) y FND y FAD (Van Soest et al., 1991). En el período residual se tomaron muestras mensuales de la pastura, el concentrado y el henolaje, en las que se hicieron las mismas determinaciones que en el caso anterior (Tabla 2).

Tabla 2. Composición química de los alimentos usados en el período de aplicación de los tratamientos y el período residual.

	% MS	% cenizas	% proteína cruda	% FND	% FAD
Período de aplicación					
Ración totalmente mezclada	57,4	8,8	22,3	43,0	27,3
Período residual					
Pastura de alfalfa y festuca	22,6	10,5	17,9	53,9	33,7
Henolaje de alfalfa	60,2	9,1	15,3	61,5	42,9
Concentrado comercial	90,3	7,3	21,6	26,4	7,3

Análisis estadístico

El diseño del experimento fue de corrales, donde la unidad experimental es cada corral. Para el análisis estadístico se usó el paquete estadístico del SAS (versión 9.4; SAS Institute Inc., Cary, NC, EEUU). Los datos de peso y las distintas medidas corporales fueron analizados usando el PROC MIXED con un modelo de regresión lineal que además del efecto del tratamiento y del día de medición (incluido como variable de regresión) incluyó la interacción tratamiento por día de medición, el efecto del bloque de ingreso de los animales, y el valor medido al momento de ingreso de los animales a los tratamientos que fue usado como covariable. Los datos de 2 terneras TMEDIA y 2 terneras TALTA se eliminaron del análisis debido a que murieron o enfermaron por causas ajenas al experimento. Las pendientes para cada variable se compararon con contrastes ortogonales. Se estableció el nivel de significancia estadística con $P \leq 0,05$, y de tendencia con $0,05 < P \leq 0,10$.

7. RESULTADOS

Las ganancias finalmente obtenidas en los tratamientos estuvieron muy próximas de las que se definieron previo a la aplicación de los tratamientos. La ganancia promedio real para las vaquillonas TMEDIA fue de 597 g/día (mientras que la objetivo era 600 g/día), mientras que para las vaquillonas TALTA la ganancia promedio real fue de 799 g/día (respecto a una ganancia objetivo de 800 g/día).

En la siguiente tabla se muestran la probabilidad encontrada para los distintos efectos incluidos en los modelos de análisis de las variables registradas, tanto en el período de aplicación de los tratamientos, como residual.

Tabla 3. Probabilidad de los efectos incluidos en los modelos de análisis de las variables registradas durante el período de aplicación de tratamientos, y el período residual.

	P > F				
	Trat ¹	Día ²	Trat x día ³	Covariable ⁴	Tanda ⁵
Período de aplicación					
Peso	0,6846	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,2288
Altura a la cruz	0,8742	<0,0001	0,0105	<0,0001	0,7678
Altura a las caderas	0,9080	<0,0001	0,4445	<0,0001	0,0187
Circunferencia	0,3318	<0,0001	0,0064	<0,0001	0,0429
Ancho entre caderas	0,5730	<0,0001	0,0150	<0,0001	0,1845
Período residual					
Peso	0,0292	<0,0001	0,6011	- ⁶	0,4477
Altura a la cruz	0,0051	<0,0001	0,0605	-	0,0902
Altura a las caderas	0,2313	<0,0001	0,7572	-	0,0008
Circunferencia	0,0071	<0,0001	0,2601	-	0,2479
Ancho entre caderas	0,1188	<0,0001	0,9609	-	0,3997

¹Efecto del tratamiento; ²Efecto del día de medición; ³Interacción tratamiento x día de medición;

⁴Covariable medida al inicio del experimento; ⁵Efecto de I tanda o bloque de ingreso al experimento;

⁶No se aplica.

En función de la probabilidad del efecto tratamiento x día, se concluye que hubo diferencias en las pendientes (es decir, las tasas de ganancia de las distintas variables en función del tiempo) entre los distintos tratamientos para todas las variables durante el período de aplicación de los mismos, a excepción de altura a las caderas. Para las variables medidas durante el período residual, no hubo diferencias en las pendientes de las distintas variables, a excepción de altura a la cruz, que tendió a ser diferente.

En las siguientes tablas se muestran las ecuaciones de regresión de peso y mediciones corporales en función del tiempo, y en las figuras se muestra la evolución de estas variables en función del tiempo.

Tabla 4. Ecuaciones de regresión de variables (Y) de peso y medidas corporales según tiempo (X): $(Y = B_0 + B_1X)$, para el período de aplicación de los tratamientos. Entre paréntesis se presenta el error estándar para los coeficientes B_0 y B_1 .

Variable	Tratamiento	B_0	B_1	$P > F (B_1)^1$
Peso, kg	Media	82,46 (1,93)	0,597 (0,020)	< 0,0001
	Alta	81,35 (1,42)	0,799 (0,020)	
Altura a la cruz, cm	Media	88,03 (0,59)	0,148 (0,006)	0,0105
	Alta	87,90 (0,59)	0,171 (0,006)	
Altura a las caderas	Media	91,82 (0,57)	0,163 (0,007)	0,4455
	Alta	91,92 (0,57)	0,171 (0,007)	
Circunferencia, cm	Media	102,75 (0,72)	0,219 (0,009)	0,0065
	Alta	103,74 (0,72)	0,256 (0,009)	
Ancho entre caderas, cm	Media	22,39 (0,27)	0,0065 (0,0034)	0,0150
	Alta	22,61 (0,27)	0,0077 (0,0034)	

¹La probabilidad corresponde al contraste que compara las pendientes correspondientes a cada tratamiento (B_1).

Tabla 5. Ecuaciones de regresión de variables (Y) de peso y medidas corporales según tiempo (X): $(Y = B_0 + B_1X)$, para el período residual. Entre paréntesis se presenta el error estándar para los coeficientes B_0 y B_1 .

Variable	Tratamiento	B_0	B_1	$P > F (B_1)^1$
Peso, kg	Media	56,48 (8,24)	0,788 (0,036)	0,6011
	Alta	82,12 (8,22)	0,761 (0,036)	
Altura a la cruz, cm	Media	95,77 (1,35)	0,088 (0,006)	0,0605
	Alta	101,17 (1,33)	0,070 (0,006)	
Altura a las caderas	Media	99,76 (1,38)	0,095 (0,007)	0,7572
	Alta	102,08 (1,34)	0,092 (0,009)	
Circunferencia, cm	Media	104,81 (1,87)	0,185 (0,009)	0,2601
	Alta	112,02 (1,86)	0,171 (0,009)	
Ancho entre caderas, cm	Media	25,03 (0,72)	0,042 (0,003)	0,9609
	Alta	26,62 (0,72)	0,042 (0,003)	

¹La probabilidad corresponde al contraste que compara las pendientes correspondientes a cada tratamiento (B_1).

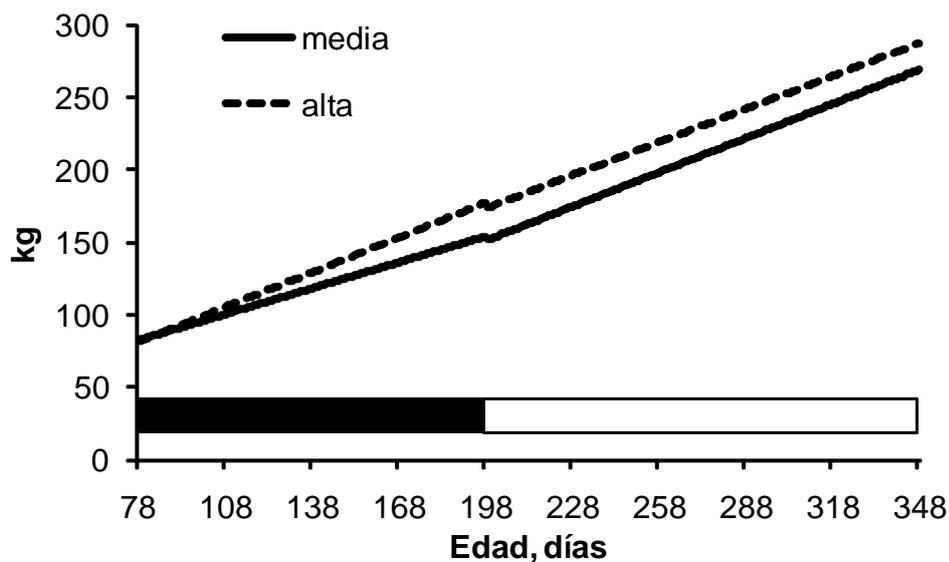


Figura 2. Evolución del peso vivo en vaquillonas Holando manejadas con un plano de alimentación para lograr una ganancia de peso de 600 (media) u 800 (alta) g/día. El período de aplicación de tratamientos (120 días) corresponde a la barra negra, y el período de evaluación residual (150 días) corresponde a la barra blanca.

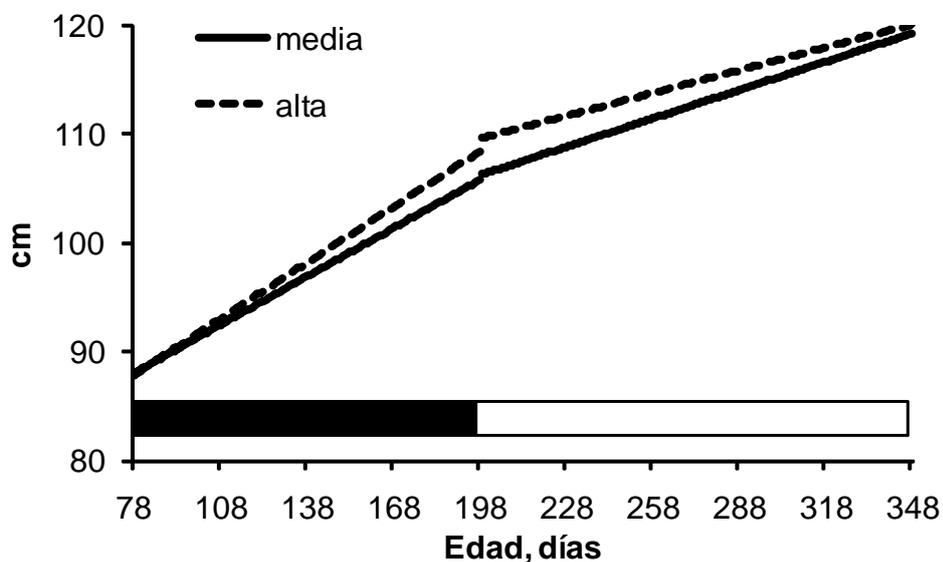


Figura 3. Evolución de la altura a la cruz en vaquillonas Holando manejadas con un plano de alimentación para lograr una ganancia de peso de 600 (media) u 800 (alta) g/día. El período de aplicación de tratamientos (120 días) corresponde a la barra negra, y el período de evaluación residual (150 días) corresponde a la barra blanca.

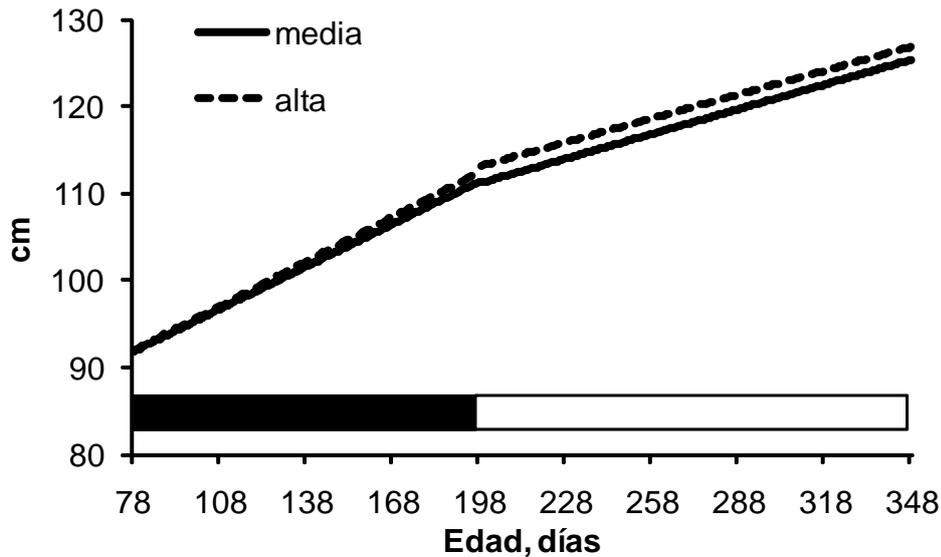


Figura 4. Evolución de la altura a las caderas en vaquillonas Holando manejadas con un plano de alimentación para lograr una ganancia de peso de 600 (media) u 800 (alta) g/día. El período de aplicación de tratamientos (120 días) corresponde a la barra negra, y el período de evaluación residual (150 días) corresponde a la barra blanca.

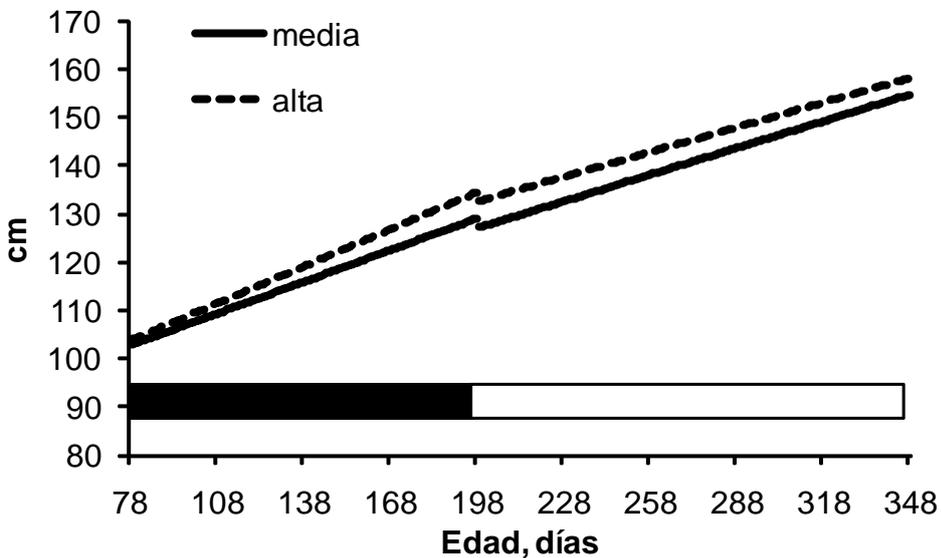


Figura 5. Evolución de la circunferencia torácica en vaquillonas Holando manejadas con un plano de alimentación para lograr una ganancia de peso de 600 (media) u 800 (alta) g/día. El período de aplicación de tratamientos (120 días) corresponde a la barra negra, y el período de evaluación residual (150 días) corresponde a la barra blanca.

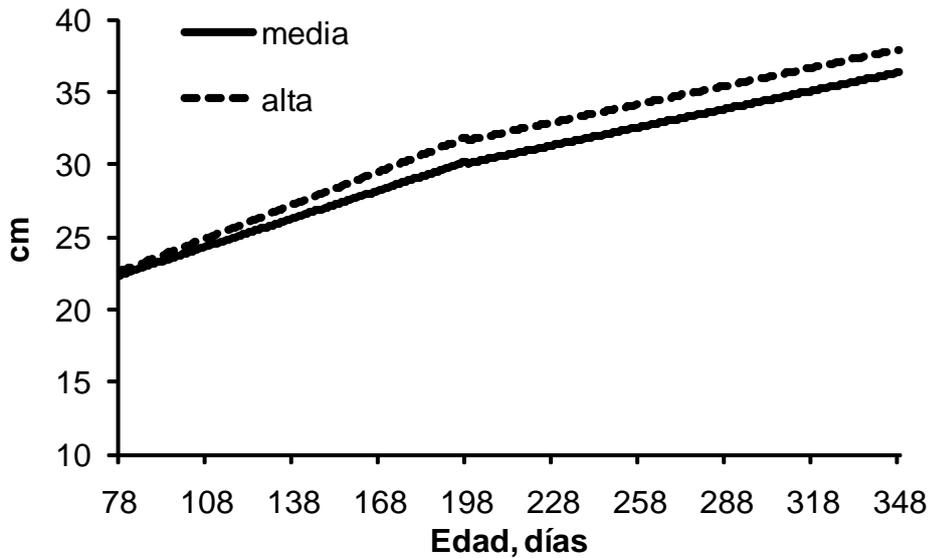


Figura 6. Evolución del ancho entre caderas del pecho en vaquillonas Holando manejadas con un plano de alimentación para lograr una ganancia de peso de 600 (media) u 800 (alta) g/día. El período de aplicación de tratamientos (120 días) corresponde a la barra negra, y el período de evaluación residual (150 días) corresponde a la barra blanca.

Como se observa en las tablas y las figuras, durante el período de aplicación de los tratamientos, y a excepción de la altura a las caderas, se detectó un efecto significativo del tratamiento sobre la ganancia de peso, de altura a la cruz, de circunferencia y de ancho entre caderas, siendo mayores los valores en TALTA respecto a TMEDIA. Sin embargo, en el período residual no se detectaron diferencias debidas a los tratamientos aplicados previamente, salvo la ganancia en altura a la cruz, que fue mayor en TMEDIA en comparación con TALTA.

Al finalizar el período de aplicación de tratamientos las vaquillonas TMEDIA pesaban $154,1 \pm 6,2$ kg y las TALTA $177,2 \pm 9,7$ kg, mientras que al final del período residual pesaban $269,2 \pm 13,1$ y $287,6 \pm 17,6$ kg, respectivamente; en ambos casos las diferencias fueron estadísticamente significativas.

8. DISCUSIÓN

Al final del experimento se evidenció una diferencia en los pesos vivos y la mayor parte de las medidas corporales entre los dos tratamientos a favor del TA. Esta diferencia se origina no por mayores crecimientos de las terneras TA durante el período residual, sino por las diferencias generadas durante el periodo de aplicación de los tratamientos.

En términos generales, las ganancias de peso observadas en este trabajo son superiores a las reportadas en un relevamiento realizado por Costa y col. (2010), que fueron de 416 g/día, con un rango de entre 300 y 547 g/día. Esto puede deberse a que en estos campos de recría el principal alimento que ofrece a los animales es campo natural (en general de calidad baja respecto a los requerimientos de esta categoría), mientras que en este trabajo se ofreció a los animales una ración totalmente mezclada ajustada para cubrir los requerimientos de los principales nutrientes. Por otra parte, los valores de peso y altura a la cruz en las distintas fechas evaluadas se encuentran dentro de los promedios señalados por James (2011) para vaquillonas Holstein con un peso adulto de 650 kg.

Nuestros resultados coinciden con otros experimentos reportados en la literatura. Por ejemplo, Abeni y col. (2000) alimentaron a vaquillonas de 150 kg durante 7 meses consecutivos con 2 planos de alimentación (bajo y alto) y observaron una mayor ganancia de peso (0,775 vs 0,667 kg/día) en los animales manejados con el plano alto respecto al bajo. De forma similar, reportaron una mayor altura a la cruz y una mayor circunferencia a la altura del pecho en los animales con un alto plano de alimentación, pero no encontraron diferencias en la condición corporal.

Kertz y col. (1987) reportaron mayores ganancia de peso (0,93 vs 0,83 kg/día) en vaquillonas sometidas a distintos planos de alimentación entre los días 187 y 369 de vida y una mayor circunferencia a la altura del pecho sobre el final del período experimental, si bien no observaron diferencias en altura a la cruz. En otro experimento, Daccarett y col. (1993) alimentaron a terneras entre los 3 y 6 meses de vida con distinto nivel de energía (100 o 115% de los requerimientos del NRC) y observaron una mayor ganancia de peso en las terneras con mayor oferta de energía (0,81 vs 0,68 kg/día), y que al final del experimento dichas terneras eran más largas, tenían mayor altura a la cruz y circunferencia a la altura del pecho, si bien no hubo diferencias en condición corporal.

El mayor crecimiento y desarrollo evidenciado por las vaquillonas TALTA durante el período de aplicación de los tratamientos está probablemente asociado a la mayor ingesta de nutrientes, particularmente energía y proteína, en dicho tratamiento, respecto a las vaquillonas TMEDIA, que son precursores para la formación de los tejidos del animal. Además, se ha reportado que una mayor ingesta de nutrientes estimula la secreción de IGF-I. La IGF-I es producida primariamente en el hígado, y su síntesis es estimulada por la hormona de crecimiento o somatotrofina, siendo el principal mediador de los efectos de la somatotrofina. La IGF-I actúa estimulando el crecimiento corporal a través del estímulo del crecimiento y proliferación celular en la

mayor parte de las células del cuerpo animal, incluyendo músculo y hueso (Kopchick y Cioffi, 1991). De hecho, diversos autores han reportado que vaquillonas pre-púberes manejadas con un mayor plano de alimentación presentan mayores concentraciones de IGF-I en plasma (Yelich y col., 1996; Chelikani y col., 2009). De forma similar, Lammers y col. (1999) alimentaron de forma diferencial a vaquillonas prepúberes de 130 kg para que ganaran 700 o 1000 g/día, y detectaron una mayor concentración de IGF-I en sangre en los animales manejados para alcanzar una mayor ganancia de peso.

Las diferencias en ganancia de peso y corporales observadas en nuestro trabajo también podrían estar mediadas por los efectos de los distintos planos de alimentación sobre la concentración de IGF-I en sangre. En efecto, la concentración media tendió a ser mayor ($P < 0,09$) en TALTA respecto a TMEDIA (239,0 vs 203,8 $\mu\text{UI/mL}$; De la Quintana, datos sin publicar).

Se destaca que el mayor crecimiento y desarrollo observado por las vaquillonas TALTA entre los 78 y 198 días de vida no afectaría negativamente el desarrollo de la glándula mamaria (y por lo tanto, tampoco deprimiría la producción en la primera lactancia), ya que no se habría superado el valor identificado como crítico de 900 g/día, por encima del cual podría ocurrir un engrasamiento de la glándula mamaria (Zanton y Heinrichs, 2005). Asimismo, la ración totalmente mezclada usada tenía una relación proteína cruda / EM de al menos 85 g/Mcal, que está por encima de los valores mínimos recomendados para reducir los efectos adversos de un crecimiento acelerado sobre el desarrollo mamario (VandeHaar, 1997).

Con respecto al impacto de los tratamientos durante el período residual, no se observaron efectos de los mismos sobre la mayoría de las variables evaluadas. Solamente se observó una tendencia a una mayor tasa de ganancia de altura a la cruz en las vaquillonas TMEDIA, para lo cual no se le pudo encontrar una explicación. Son pocos los experimentos que reportan los efectos residuales que tienen distintos planos de alimentación sobre el crecimiento y desarrollo de los animales una vez que se terminan los tratamientos. En uno de los escasos trabajos ubicados, Lammers y col. (1999) reportaron que, si bien vaquillonas de 130 kg manejadas con un alto plano de alimentación entre las semanas 133 y 273 días de vida tuvieron una mayor ganancia de peso (1000 vs 700 g/día), altura a la cruz y caderas, y circunferencia a la altura del pecho durante el período evaluado, respecto a vaquillonas manejadas con un bajo plano de alimentación, luego de terminada la aplicación de los tratamientos los resultados fueron inversos. En este sentido, las vaquillonas que tuvieron un menor crecimiento entre las 19 y 39 semanas, ganaron más peso entre la semana 39 y hasta el momento del parto.

Esta ausencia de diferencias en las variables medidas durante el período residual puede deberse a que en este período, los animales fueron manejados como un único grupo y por lo tanto tuvieron acceso a la misma oferta de alimento. Es posible suponer que, si la oferta de alimento no difirió entre tratamientos, entonces el consumo de alimento y el aporte de precursores para sostener el crecimiento corporal también habrían sido similares entre tratamientos.

De hecho, la ausencia de efectos de los tratamientos sobre la ganancia de peso y medidas corporales durante el período residual, es coherente con la falta de efecto de los planos de alimentación aplicados previamente sobre la concentración de IGF-I, que fue en promedio de 253,5 y 243,3 para TMEDIA y TALTA, respectivamente (De la Quintana, datos sin publicar).

Adicionalmente, si bien animales jóvenes sometidos a una restricción nutricional (básicamente energética) pueden compensar en menor ganancia de peso creciendo a tasas más aceleradas una vez que se les ofrece una generosa cantidad de alimento (fenómeno conocido como “crecimiento compensatorio”; Di Marco, 1994), en nuestro trabajo ese fenómeno no fue observado. Es posible que la restricción alimenticia a la que fueron sometidos las vaquillonas en TMEDIA no haya sido de tal magnitud como para que posteriormente se evidenciara un aceleramiento de la ganancia de peso característico del crecimiento compensatorio; generalmente, el crecimiento compensatorio se observa en animales alimentados apenas por encima de sus necesidades de mantenimiento (Di Marco, 1994), lo que no ocurrió en nuestro trabajo.

Por lo tanto, los resultados sugieren que, para las condiciones de este experimento, no habría existido una memoria a nivel de la fisiología de los animales que denotara la persistencia de un efecto del plano de alimentación luego de la aplicación de los tratamientos sobre el crecimiento y desarrollo de los animales. Más información debería ser generada respecto a los efectos de distintos planos de alimentación sobre otras hormonas vinculadas con la regulación del crecimiento y desarrollo animal, así como a la interacción de estas dietas cuando se aplican en conjunto con planos contrastantes de alimentación en otras etapas de la vida del animal.

9. CONCLUSIÓN

Se concluye que aplicar un plano alto de alimentación en vaquillonas de 2,5 meses de vida, luego del desleche, y durante 4 meses consecutivos, tuvo un efecto positivo sobre las tasas de ganancia de peso y de medidas indicadoras de desarrollo corporal de los animales. Sin embargo, estas diferencias en las tasas de crecimiento y desarrollo no persistieron luego que todos los animales pasaron a ser manejados con un mismo plano de alimentación.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Abeni, F; Calamari, L; Stefanini, L; Pirlo, G. (2000) Effects of daily gain in pre- and postpubertal replacement dairy heifers on body condition score, body size, metabolic profile, and future milk production. *Journal of Dairy Science*. 83:1468–1478.
2. Abeni, F; Calamari, L; Stefanini, L; Pirlo, G. (2012) Effect of average daily gain on body size, metabolism, and milk production of Italian Holstein heifers raised on two different planes of nutrition and calving at two different ages. *Livestock Science*. 149:7–17.
3. A.O.A.C. (1990). Association of Official Analytical Chemist. Official Methods of analysis. 15a. ed. AOAC, Arlington VA. 1080 p.
4. Ballent, M; Landi, H; Bilbao, G; Dick, A. (2003) Pubertad, peso vivo y desarrollo corporal en diferentes biotipos bovinos productores de leche: una actualización bibliográfica. *ITEA 99A(2):130-138*.
5. Berra, G; Osacar, G. (2012) El costo de la reposición. *Producir XXI* 20:48-52.
6. Bethard, G.L; James, R.E; McGilliard, M.L. (1997) Effect of rumen-undegradable protein and energy on growth and feed efficiency of growing Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*. 80:2149-2155.
7. Capuco, A.V; Dahl, G.E; Wood, D.L; Moallem, U; Erdman, R.E. (2004) Effect of bovine somatotropin and rumen-undegradable protein on mammary growth of prepubertal dairy heifers and subsequent milk production. *Journal of Dairy Science* 87:3762–3769.
8. Castagnola, M. (2008) Cría y recría de vaquillas y efectos en parámetros productivos futuros. Disponible en: http://www.uchile.cl/documentos/cria-y-recria-de-vaquillas-y-efectos-en-parametros-productivos-futuros_58311_4.pdf. Fecha de consulta: 19/5/15.
9. Chelikani, P; Ambrose, D; Keisler, D; Kennelly, J. (2009) Effects of dietary energy and protein density on plasma concentrations of leptin and metabolic hormones in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*. 92:1430–1441.
10. Conaprole. (2008) Recría intensiva de los reemplazos. Ficha técnica N° 8. 15 p.
11. Costa, M; Bussoni, A; Mello, R; Santoro, M; Rodríguez, D; Landa, F. (2010) Campos de recría en el Uruguay: gestión de los recursos y formas contractuales. *Agrociencia* 14: 66-76.

12. Daccarett, M; Bortone, E; Isbell, D; Morrill, J. (1993) Performance of Holstein heifers fed 100% or more of national research council requirements. *Journal of Dairy Science*. 76:606-614.
13. De Trinidad, S. (2014). Alimentación diferencial durante la etapa lactante en terneras Holstein: Efectos inmediatos y residuales sobre el crecimiento, desarrollo corporal y pubertad. Tesis de Maestría en Reproducción Animal. Universidad de la República. Uruguay. 63 p.
14. Di Marco, O. (1994) Crecimiento y respuesta animal. Mar del Plata, República Argentina, Asociación Argentina de producción animal. 128 p.
15. Diskin, M.G; Mackey, D.R; Roche, J.F; Sreenan, J.M. (2003) Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Animal Reproduction Science* 78: 345–370.
16. Dobos, R.C; Nandra, K.S; Riley, K; Fulkerson, W.J; Lean, I.J; Kellaway, R.C. (2001) Effects of age and liveweight at first calving on first lactation milk, protein and fat yield of Friesian heifers. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 13–19.
17. Dodera, I; Pastorini, A. (2012) Cría y recría eficiente de terneras Holando. Expo Melilla. Disponible en: http://expoprado.com/es/PDF_ExpoMelilla2012/NUTRAL%20-%20Cr%EDa%20y%20recr%EDa%20eficiente%20de%20terneras%20holand o.pdf. Fecha de consulta: 18/1/16.
18. Fernández Abella, D.H. (1993) Regulación hormonal del crecimiento de los rumiantes. En: Crecimiento. Ficha de apoyo docente. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. pp: 35-45.
19. Gardner, R.W; Smith, L.W; Park, R.L. (1988) Feeding and management of dairy heifers for optimal lifetime productivity. *Journal of Dairy Science*. 71:996-999.
20. González, A.V. (2010) Eficiencia en recría de vaquillonas en establecimientos lecheros. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/eficiencia-recr-vaquillonas-establecimientos-lecheros.pdf>. Fecha de consulta: 8/5/15.
21. INALE. (2014) Encuesta lechera: resultados preliminares. Disponible en: <http://www.inale.org/innovaportal/file/4080/1/encuesta-lechera-2014--presentacion-resultados-preliminares-foro-a.pdf>. Fecha de consulta: 7/5/15.
22. Instituto Nacional para el Mejoramiento Lechero. INML. (2012) La vaca promedio “Mejoramiento Lechero” 2008-2012. Disponible en:

<http://www.mejoramientolechero.org.uy/pdf/vacaprom2008-12.pdf>. Fecha de consulta: 7/5/15.

23. James, R. (2011) Growth Standards and Nutrient Requirements. En: Fuquay, J.W, Fox, P.F, McSweeney, P.L.H. Encyclopedia of Dairy Sciences. 2ª edición. Academic Press. pp: 390-395.
24. Kertz, A; Barton, B; Reutzel, I. (1998) Relative efficiencies of wither height and body weight increase from birth until first calving in Holstein cattle. Journal of Dairy Science. 81:1479-1482.
25. Kertz, A; Prewitt, I; Ballam, J. (1987) Increased weight gain and effects on growth parameters of holstein heifer calves from 3 to 12 months of age. Journal of Dairy Science. 70:1612-1622.
26. Kopchick, J; Cioffi, J. (1991) Exogenous and endogenous effects of growth hormone in animals. Livestock Production Science. 27:61-75.
27. Krpálková, L; Cabrera, V; Vacek, M; Štípková, M; Stádník, L; Crump, P. (2014) Effect of prepubertal and postpubertal growth and age at first calving on production and reproduction traits during the first 3 lactations in Holstein dairy cattle. Journal of Dairy Science. 97:3017–3027.
28. Lammers, B; Heinrichs, A; Kensinger, R. (1999) The effects of accelerated growth rates and estrogen implants in prepubertal Holstein heifers on estimates of mammary development and subsequent reproduction and milk production. Journal of Animal Science 82:1753–1764.
29. Le Cozler, Y; Lollivier, V; Lacasse, P; Disenhaus, C. (2008) Rearing strategy and optimizing first-calving targets in dairy heifers: a review. Animal 2:1393–1404.
30. Luna-Pinto G, Cronjé, P.B. (2000). The roles of the insulin-like growth factor system and leptin as possible mediators of the effects of nutritional restriction on age at puberty and compensatory growth in dairy heifers. South African Journal of Animal Science 30: 155-163.
31. Mendoza, A. (2007). El corral como alternativa para la recría de tambo. Curso a distancia sobre “engorde a corral”. Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Uruguay. PP.: 40-53.
32. Nishimura, M; Yoshida, T; El-Khodery, S; Miyoshi, M; Furuoka, H; Yasuda, J; Miyahara, K. (2011) Ultrasound imaging of mammary glands in dairy heifers at different stages of growth. The Journal of Veterinary Medical Science 73:19–24.

33. NRC. National Research Council. (2001) Nutrient requirements of dairy cattle. 7th revised edition. National Academy Press. 381p
34. Pirlo, G; Miglior, F; Speroni, M. (2000) Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs in Italian Holsteins. *Journal of Dairy Science*. 83:603–608.
35. Radcliff, R; Vandehaar, M; Skidmore, A; Chapin, L; Radke, B; Lloyd, J; Stanisiewski, E; Tucker, H. (1997) Effects of diet and bovine somatotropin on heifer growth and mammary development. *Journal of Dairy Science*. 80:1996–2003.
36. Sejrsen, K; Foldager, J; Sorensen, M; Akers, R; Bauman, D. (1986) Effect of exogenous bovine somatotropin on pubertal mammary development in heifers. *Journal of Dairy Science*. 69:1528-1535.
37. Sejrsen, K; Purup, S. (1997) Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: A review. *Journal of Animal Science*. 75:828-835.
38. Soberon, F; Van Amburgh, M.E. (2013) Lactation biology symposium: The effect of nutrient intake from milk or milk replacer of preweaned dairy calves on lactation milk yield as adults: A meta-analysis of current data. *J Anim Sci* 91:706-712.
39. Straumann, JM; Ayala, W; Vázquez, AI; Quintans, G. 2008. Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnífera (primer año de evaluación). En: Serie Técnica N°174. INIA. Uruguay. pp: 59-63.
40. Surraco, L. (1993) Crecimiento y desarrollo. En: Crecimiento. Ficha de apoyo docente. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. pp: 1-10.
41. VandeHaar, M.J. (1997) Dietary protein and mammary development of heifers: Analysis from literature data. *Journal of Dairy Science* 80(1):216 (abstract).
42. Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.
43. Whitlock, B; VandeHaar, M; Silva, L; Tucker, H. (2002) Effect of dietary protein on prepubertal mammary development in rapidly growing dairy heifers. *Journal of Dairy Science*. 85:1516-1525.
44. Yelich, J; Wettemann, R; Marston, T; Spicer, L. (1996) Luteinizing hormone, growth hormone, insulin-like growth factor-I, insulin and metabolites before

puberty in heifers fed to gain at two rates. *Domestic Animal Endocrinology*. 13:325-338.

45. Zanton, G.I; Heinrichs, A.J. (2005) Meta-analysis to assess effect of prepubertal average daily gain of Holstein heifers on first-lactation production. *Journal of Dairy Science* 88:3860-3867.