

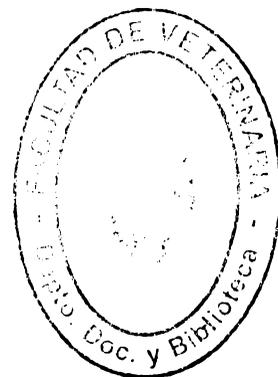
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**EFFECTO DE LA TASA DE GANANCIA A EDADES TEMPRANAS SOBRE EL
DESARROLLO Y LA EDAD A LA PUBERTAD EN TERNERAS HEREFORD**

Por

Br. Rosario CUADRADO ARIAS



TESIS DE GRADO presentada como
uno de los requisitos para obtener
el título de Doctor en Ciencias
Veterinarias

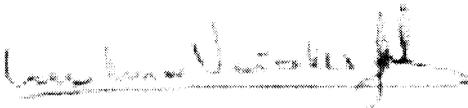
Orientación: Medicina Veterinaria

MODALIDAD: Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2010**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de mesa: -----
Ing. Agr. Mariana Carriquiry

Segundo miembro (tutor): -----
Dra. Carolina Viñoles

Tercer miembro: -----
Dra. Carolina Fiol

Cuarto miembro (co-tutor): -----
Dra. Ana Meikle

Fecha: 22 de diciembre de 2010

Autor: -----
Br. Rosario Cuadrado Arias

FACULTAD DE VETERINARIA
Aprobado con 10 (diez) 

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Carolina Viñoles

Al Director del Programa Nacional de Carne y Lana de INIA, Ing. Agr. Fabio Montossi

Al encargado de la Unidad Experimental Glencoe de INIA Tacuarembó, Ing. Agr. Ignacio de Barbieri

Al personal de apoyo de la Unidad Experimental Glencoe

A la Dra. Ana Meikle

A mi familia, compañeros y amigos

TABLA DE CONTENIDO

Página

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
LISTA DE CUADROS, FIGURAS Y FOTOS.....	III
1. RESUMEN.....	1
2. SUMMARY.....	1
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1. Realidad de los sistemas de cría en Uruguay.....	5
4.1.1. Manejo del ternero.....	6
4.2. Pubertad y primer entore.....	7
4.2.1. Primer entore a los 2 años.....	8
4.2.2. Primer entore a los 18 meses.....	9
4.2.3. Primer entore a los 14 – 15 meses.....	9
4.3. Factores que determinan la aparición de la pubertad.....	10
4.3.1. Genética.....	11
4.3.2. Fotoperíodo.....	11
4.3.3. Interacciones sociosexuales.....	12
4.3.4. Nutrición.....	13
4.4. Selección de vaquillonas de reemplazo.....	14
4.5. Mecanismos endocrinos que desencadenan la pubertad.....	14
4.6. Desarrollo folicular.....	16
4.7. Ciclos estrales.....	16
4.8. Regulación endocrina del ciclo estral.....	17
4.9. Ondas foliculares.....	19
4.10. Influencia de la nutrición sobre el eje reproductivo.....	19
5. OBJETIVOS.....	23
5.1. Objetivo general.....	23
5.2. Objetivos específicos.....	23
6. HIPÓTESIS.....	23
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
7.1. Ubicación.....	24
7.2. Animales y tratamientos diferenciales.....	24
7.2.1. Respuesta a los tratamientos diferenciales.....	24
7.3. Período de tratamiento conjunto.....	26
7.3.1. Determinaciones en las terneras.....	26
7.3.1.1. Peso vivo.....	26
7.3.1.2. Ecografía de ovarios.....	26
7.3.1.2.1. Metodología utilizada para la examinación ultra- sonográfica del tracto reproductivo en la ternera.....	27
7.3.1.3. Altura de anca.....	27
7.3.2. Determinaciones en la pastura.....	27
7.3.3. Análisis estadísticos.....	28
8. RESULTADOS.....	29
8.1. Resultados de la pastura.....	29

8.1.1. Composición botánica.....	30
8.2. Período de alimentación conjunta.....	30
8.2.1. Evolución del peso vivo.....	30
8.2.2. Tasa de ganancia diaria.....	31
8.2.3. Evolución de la altura de anca.....	32
8.2.4. Crecimiento.....	33
8.2.5. Evolución del tamaño folicular.....	34
8.2.6. Pubertad.....	35
9. DISCUSIÓN.....	37
10. CONCLUSIONES.....	42
11. BIBLIOGRAFÍA.....	43

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Página

Cuadro I- Cambios en la sensibilidad hipotalámica al feedback del estradiol, y cambios en la secreción de GnRH, LH, crecimiento folicular y producción de estradiol que conducen a que ocurra la pubertad.....	15
Cuadro II- Características de las terneras sometidas a diferentes planos de nutrición al momento de inicio del pastoreo conjunto a los 5 meses de edad.....	25
Cuadro III- Disponibilidad y rechazo de la pastura en valores promedio para cada estación, ganancia correspondiente durante la alimentación conjunta.....	29
Cuadro IV- Variación de la composición botánica a lo largo del ensayo (expresada en porcentaje en base seco).....	30
Cuadro V- Peso vivo, altura de anca y frecuencia de animales ciclando a los 18 meses de edad en terneras sometidas a diferentes planos de nutrición entre los 2 y 5 meses de edad.....	36
Cuadro VI- Solo terneras ciclando de cada grupo al final del ensayo, sometidas a diferentes planos nutricionales entre los 2 y 5 meses de edad.....	36
Figura 1- Patrones de LH y progesterona, y manifestación estral que se presentan en diferentes animales al inicio de la pubertad.....	17
Figura 2- Eventos endocrinos que regulan el ciclo estral en la vaca.....	18
Figura 3- Regresión del tamaño del folículo dominante en el tiempo para vaquillonas alimentadas con una dieta alta o baja en energía.....	21
Figura 4- Evolución de peso de terneras sometidas a diferentes planos nutricionales de los 2 a 5 meses de edad.....	25
Figura 5- Esquema de una ecografía transrectal.....	27
Figura 6- Evolución de la pastura disponible y rechazo en todo el periodo experimental.....	29
Figura 7- Evolución del peso a lo largo del ensayo de terneras sometidas a diferentes planos nutricionales de los 2 a 5 meses de edad.....	31
Figura 8- Ganancia diaria de peso vivo en terneras sometidas a diferentes planos nutricionales de los 2 a 5 meses de edad.....	32
Figura 9- Evolución de la altura de anca en terneras sometidas a diferentes planos nutricionales de los 2 a 5 meses de edad.....	33
Figura 10- Evolución del crecimiento en terneras sometidas a diferentes planos nutricionales de los 2 a 5 meses de edad.....	34
Figura 11- Evolución del tamaño folicular en terneras sometidas a diferentes planos nutricionales de los 2 a 5 meses de edad, evaluando solo los folículos dominantes (F1).....	35

1. RESUMEN

El objetivo de este experimento fue estudiar el impacto de diferentes tasas de ganancia entre los 2 y 5 meses de vida sobre el desarrollo y la edad a la pubertad en terneras Hereford. Se utilizaron 47 terneras de $66 \pm 1,5$ días de edad que fueron asignadas al azar a tres planos de nutrición entre los 2 y 5 meses de vida: 1- Plano nutricional bajo ($n=16$): terneras destetadas a los 2 meses de edad y suplementadas al 1,5% del peso vivo (hasta los 5 meses de edad). 2- Plano nutricional medio ($n=14$): terneras al pie de la madre hasta los 5 meses de edad. 3- Plano nutricional alto ($n=17$): terneras suplementadas al pie de la madre desde los 2 hasta los 5 meses de edad. Desde los 6 a los 18 meses de edad todas las terneras recibieron el mismo nivel alimenticio; y durante este período se realizaron determinaciones de peso vivo y ecografías ováricas cada 2 semanas para evaluar el tamaño folicular y determinar la presencia de cuerpos lúteos, indicativo de pubertad. La altura de anca se midió cada 8 semanas para evaluar el crecimiento y el frame. Las terneras alimentadas con el plano nutricional alto tuvieron una mayor tasa de ganancia ($1,0 \pm 0,08$ kg/día), respecto a las que recibieron los planos nutricionales medio ($0,7 \pm 0,09$ kg/día) y bajo ($0,6 \pm 0,09$ kg/día; $P < 0,05$). Las terneras del plano alto tenían mayor peso vivo, altura de anca y frame a los 5 meses de edad, diferencia que mantuvo hasta los 18 meses ($P < 0,05$). Las terneras del plano alto tuvieron mayor tamaño folicular entre los 10 y 15 meses de edad y alcanzaron la pubertad antes ($15,4 \pm 0,3$ meses) que las del plano medio ($15,9 \pm 0,2$ meses; $P = 0,06$) y bajo ($16,5 \pm 0,5$ meses; $P < 0,05$). Esto determinó que a los 18 meses de edad más terneras que recibieron el plano nutricional alto estuvieran ciclando (76%), respecto a los grupos medio (43%) y bajo (31%; $P < 0,05$). Concluimos que la suplementación al pie de la madre marca una diferencia en el crecimiento, que no puede ser compensado a los 18 meses de edad, redundando en un adelanto de la pubertad de las terneras.

2. SUMMARY

The aim of the present experiment was to study the effect of three nutritional management systems, to impose low, medium and high planes of nutrition from two to five months of age, to determine whether puberty occurs first in Hereford calves fed a high plane of nutrition. Forty seven calves were randomly assigned to three planes of nutrition at 66 ± 1.5 days of age: 1- Low plane of nutrition ($n=16$): calves weaned at 2 months of age and supplemented at 1.5% of the live weight until 5 months of age. 2- Medium plane of nutrition ($n=14$): calves suckling until 5 months of age. 3- High plane of nutrition ($n=17$): calves suckling that received creep feeding from 2 to 5 months of age. From six to 18 months the same feeding level was imposed in all calves. Body weight and ovarian structures were evaluated every 14 days, from six to 18 month of age. A calve was considered pubertal after the presence of a corpus luteum was detected by transrectal ultrasonography. Hip height and frame score were determined every two-month from six to 18 months of age. Calves feed a high plane of nutrition had a higher average live weight gain (1.0 ± 0.08 kg/d) than calves on the medium (0.7 ± 0.09 kg/d) and low (0.6 ± 0.09 kg/d) planes of nutrition ($P < 0,05$). Calves on the higher plane of nutrition were heavier ($P < 0,05$),

taller ($P<0,05$) and had a larger frame ($P<0,05$) from 5 to 18 months, compared with the other two groups. Calves fed the higher plane of nutrition had follicles of a larger size from 9 to 14 months, compared to the other two groups ($P<0.05$). Calves exposed to a high plane of nutrition, reached puberty earlier (15.4 ± 0.3 m) than those fed the low plane (15.9 ± 0.2 m; $P<0.05$) and tended to show puberty before those fed the medium plane of nutrition (16.5 ± 0.5 m; $P=0.06$). More calves fed the higher plane of nutrition were cyclic at 18 months (76%) compared to those fed the low (31%; $P<0.05$) or the medium (43%; $P=0.06$) planes of nutrition. We concluded that a high plane of nutrition from two to five months of age induces a faster development of the body that has a positive effect on the growth of the largest follicles that ovulated earlier.

3. INTRODUCCIÓN

La performance reproductiva en vaquillonas de carne es uno de los principales criterios utilizados para evaluar la eficiencia reproductiva de un rodeo y el retorno financiero al sistema productivo (Marson et al., 2004). En nuestro país la eficiencia reproductiva es una limitante importante, que se ve reflejada en indicadores como el procreo promedio que en los últimos 20 años fue 64 % o en que solamente el 57% de las vaquillonas están siendo entoradas con 2 años o menos (MGAP, DIEA, 2009). Según Soares de Lima (2009), el porcentaje de preñez se correlaciona de forma positiva con el ingreso en sistemas extensivos, mientras que en sistemas intensivos la ecuación económica depende de otros factores. Sin embargo, otro indicador de gran importancia como lo es la edad al primer entore, tiene una correlación positiva con el ingreso de los productores en cualquier tipo de sistema de cría (Soares de Lima, 2009). Por lo tanto, la precocidad sexual de las vaquillonas es una característica económica muy importante en los sistemas criadores y va a estar determinando su productividad futura (Schillo et al., 1992).

La edad a la pubertad es considerada como el evento más importante en la vida reproductiva de la hembra porque representa, en líneas generales, el mejor indicador para evaluar la fertilidad en la hembra y la eficiencia reproductiva del rodeo (Marson et al., 2004). La edad a la que las vaquillonas comienzan los ciclos estrales regulares está correlacionada con la ganancia de peso vivo desde el nacimiento a la pubertad (Plasse et al., 1968 citado por Patterson et al., 1992; Arije y Wiltbank, 1971), pero es también determinado por un conjunto identificable de variables genéticas y ambientales (Kinder et al., 1990; Cundiff, 1986; Mange et al., 1960 citados por Patterson et al., 1992). Dentro de las influencias ambientales, la nutrición es la variable que tiene más impacto sobre la edad a la pubertad. La edad a la pubertad esta inversamente relacionada con el plano nutricional durante las etapas pre y pos-destete (Patterson et al., 1992).

El destete precoz es una técnica que permite realizar un aumento de la carga y de la performance reproductiva ya que reduce los requerimientos de las vacas (25-50%) (Simeone y Beretta, 2002); pero tendría un efecto negativo sobre la pubertad de las terneras, ya que las tasas de ganancias de peso son menores que las que permanecen al pie de la madre (Lacuesta et al., 2000). El único trabajo nacional que evalúa el efecto del destete precoz sobre la pubertad, sugiere que ocurre a la misma edad (19-20 meses de edad) que en terneras destetadas en forma tradicional (de Castro et al., 2004), lo que impediría llegar a entorar con 14-15 meses. Otros trabajos nacionales muestran como principal problema para alcanzar una pubertad temprana la pérdida de peso invernal, habiéndose generado diversas alternativas nutricionales para solucionarla. Por ejemplo, la suplementación con afrechillo de arroz al 1% del peso vivo, y el pastoreo por horas en pasturas mejoradas permiten lograr tasas de ganancia leves, de 200 g/animal/día (Quintans y Vaz Martins, 1994 citado por Quintans, 2008; Brito et al., 1995). Sin embargo, estas bajas tasas de ganancia no serían adecuadas para realizar entores de 14-15 meses.

Para alcanzar la pubertad lo suficientemente temprano como para poder entorar a los 14-15 meses, las terneras deben lograr pesos de 280-320 kg previo al período de servicios (Quintans y Roig, 2008; Rovira, 1996). Esto implica obtener importantes

ganancias diarias, si partimos de animales de 140 kg al destete. Como alternativa para reducir las tasas de ganancia requeridas podemos aumentar el peso de las terneras al destete o realizar entores que no sean tan precoces, como a los 18 meses de edad (Quintans et al, 2008). Wiltbank et al. (1966), demostró que la ganancia de peso vivo predestete influye en la edad a la pubertad en vaquillonas mas consistentemente que ganancias de peso vivo posdestete. En otros estudios se ha observado una reducción en la edad a la pubertad con un alto peso al destete (Greer et al., 1983; Arije y Wiltbank, 1971). Sin embargo, a nivel nacional, muy pocos trabajos se han enfocado en el impacto de la nutrición pre-destete sobre el inicio de la actividad cíclica en terneras (Pittaluga y Rovira, 1968).

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Realidad de los sistemas de cría en Uruguay

En países de clima templado, donde los animales pastorean campo natural durante todo el año, las variaciones estacionales en la cantidad y calidad de pastura modifican las tasas de ganancia de peso a lo largo del año. Dependiendo del tipo de suelo y de las temperaturas ambientales, el invierno o el verano son las estaciones más críticas en las condiciones de explotación de Uruguay. En el Basalto la mayor variación en la producción de forraje ocurre en general en verano, debido a la gran variabilidad anual en el volumen de precipitaciones. Esto implica que los animales tienen pérdidas importantes de peso durante estas estaciones, lo que se asocia con un impacto negativo sobre la eficiencia reproductiva global (Viñoles, 2009).

Para varios autores gran parte de los ingresos de la unidad vaca-ternero en la industria cárnica es altamente dependiente de la producción de terneros con altos pesos al destete (Patterson et al., 1992). La eficiencia global de la cría vacuna puede ser medida como los kg de ternero destetado por unidad de superficie de pastoreo, integrando en este indicador de resultado el porcentaje de destete, el peso al destete y la carga (Simeone y Beretta, 2002). Los sistemas de cría en el Basalto se caracterizan por bajos valores de preñez en vacas de cría (57-60%), alto porcentaje de preñez en vaquillonas (2-3 años de edad) y bajos pesos al destete (140 a 160 kg). Dichos pesos al destete son debidos a que el período en que aumentan los requerimientos del ternero transcurren en los meses más críticos del Basalto (diciembre a febrero, Pigurina et al., 1998). Por lo tanto, es necesario plantearse alternativas para cubrir este déficit nutricional y poder explotar al máximo el potencial de crecimiento de los terneros.

Según Rovira (1996), al momento del primer entore comienza la vida reproductiva de un vientre y cuanto antes ocurra más eficiente será su productividad en el rodeo de cría. Desde el punto de vista del manejo reproductivo, la edad con la que llega la vaquillona al primer entore es clave, ya que va a estar afectando la productividad del rodeo de cría y el proceso global de producción de carne (Rovira, 1996). En nuestro país la eficiencia reproductiva es una limitante importante, que se ve reflejada en indicadores como el procreo promedio que en los últimos 20 años fue 64 % o en que solamente el 57% de las vaquillonas están siendo entoradas con 2 años o menos (MGAP, DIEA, 2009).

Los valores anteriormente expuestos dejan de manifiesto que en los sistemas de cría de Uruguay todavía tenemos un amplio margen de mejora, más aun si los comparamos con sistemas que tienen un porcentaje de preñez > 85% o entores a los 18-20 o 14-15 meses (Quintans, 2008; Simeone et al., 1996). Utilizando un modelo de simulación económico, Soares de Lima (2009) concluyó que el aumento en el porcentaje de preñez tiene una correlación positiva con el ingreso de los productores en sistemas de cría extensivos, mientras que en sistemas intensivos la ecuación económica depende de otros factores. Sin embargo, la reducción en la edad de entore se correlaciona en forma positiva con el margen bruto, en sistemas de cría intensivos y extensivos. Esta mejora en los ingresos ocurre debido a que al entorar con 2 años se logra reducir un 24% las categorías improductivas del rodeo y

más aun si se hace a los 14-15 meses porque se reduce un 48% dicha categoría (Rovira, 1973 citado por Rovira 1996). Esto deja en evidencia el alto costo que debe pagar el productor por entorar tardíamente. Con entores a los 3 años un productor necesita 2,4 vacas por ternero producido, mientras que si se entora con 2 años, necesitaría 1,6 vacas por ternero producido y 1,3 vacas en el caso de realizar entores a los 14-15 meses (Rovira, 1973 citado por Rovira 1996).

4.1.1. Manejo del ternero

La producción de leche determinaría la ganancia diaria los 2 primeros meses de vida, y la diferencia que se genera posteriormente, entre los requerimientos del ternero y los aportes de la leche materna, son cubiertos por el consumo de pastura y/o suplemento (Rovira, 1996). Tanto la calidad como la cantidad del alimento extra leche tendrán un gran impacto en la ganancia de peso predestete (Scaglia, 2004). Cuando los terneros son capaces de obtener abundante leche materna y tienen alta disponibilidad y calidad de forraje para pastorear junto a sus madres, puede realizar ganancias de peso tan altas como se lo permita su potencial genético (Scaglia, 2004).

El destete precoz es una alternativa que permite aumentar en forma consistente el porcentaje de preñez, esto es debido a que interrumpir el amamantamiento en forma definitiva logra reducir los requerimientos que tiene la vaca y por lo tanto una recuperación del estado de la misma (Jiménez de Aréchaga y Quintans, 2006; Rovira 1996); este efecto es aun mayor en vacas de segundo entore y vacas con baja condición corporal (Simeone y Beretta, 2008). Además permite aumentar la carga y ha demostrado ser una técnica muy efectiva en periodos de sequía (Quintans, 2005). Sin embargo, las menores tasas de ganancia que logran las terneras luego del destete, podrían dificultar el objetivo de entorar con 14-15 meses (Lacuesta et al., 2000). Terneros nacidos en primavera y manejados exclusivamente en base a campo natural o pasturas mejoradas logran pobre respuesta productiva, apenas suficiente para mantenimiento o para ganancias en torno a los 240 g/día (Simeone y Beretta, 2008). Sin embargo, si luego del destete son alimentados con una dieta de buena calidad se pueden lograr niveles de crecimiento similares a los que se obtienen al pie de la madre (Lacuesta et al., 2000). Se han obtenido resultados variables en cuanto al peso de los terneros que van desde 22 kg menos a pesos similares e incluso ganancias mayores que los terneros que permanecen al pie de la madre (Gayo, 2003).

La alimentación preferencial del ternero (creep feeding) es la práctica de manejo que permite que el ternero al pie de su madre acceda a un alimento de mejor calidad del que éstas consumen (usualmente concentrados, Scaglia, 2004). Las pasturas de alta calidad (creep grazing) permiten alcanzar ganancias de peso similares a las logradas con raciones en base a granos. Las mejores respuestas a la alimentación preferencial con pasturas o con ración se registran cuando el forraje es de baja calidad (muy maduro), y/o hay baja disponibilidad del mismo (sequía), y cuando la vaca tiene baja producción de leche (Scaglia, 2004; Brito et al., 2002). Ambos tratamientos (pastura y ración) tienen como ventaja que permiten obtener mayores ganancias diarias promedio y mayores pesos al destete que los logrados por terneros manejados junto a sus madres solo a campo natural; siempre que el

alimento adicional le otorgue al ternero los nutrientes que le limitan expresar su máximo potencial genético (Bavera, 1995). Además, la respuesta en peso vivo y condición corporal en las vacas madres es buena, con mejoras en ambas características (Scaglia, 2004).

Cualquier reducción en la performance del animal antes del destete es muy difícil de superar, particularmente si es a causa de una restricción proteica (Bagley, 1993). Por lo tanto, es necesario plantearse éste tipo de alternativas para cubrir el déficit nutricional y explotar el potencial de crecimiento de los terneros.

Por lo demostrado anteriormente, quedan claras las ventajas que tiene reducir la edad del primer entore y las dificultades que podrían generar algunas medidas de manejo que se aplican rutinariamente. Para reducir la edad de entore influye otro suceso de la vida de un vientre que es muy importante para lograr el objetivo, se trata de la edad a la pubertad.

4.2. Pubertad y primer entore

La recría de la ternera abarca el período que transcurre desde el destete hasta que comienza su fase reproductiva. La pubertad ha sido definida como la manifestación de competencia reproductiva, con la habilidad de ovular un ovocito acompañado de la presentación de comportamiento estral y el desarrollo y mantenimiento de un cuerpo lúteo funcional (Kinder et al, 1987). Básicamente la pubertad es el resultado de ajustes hormonales que ocurren gradualmente, y determinan la capacidad de las gónadas de producir gametos fértiles (Hafez, 1996).

La edad a la pubertad es considerada como el evento más importante en la vida reproductiva de la hembra porque representa, en líneas generales, el mejor indicador para evaluar la fertilidad en la hembra y la eficiencia reproductiva del rodeo. Por lo tanto, debe ser utilizado como un criterio de selección (Marson et al., 2004).

El período entre la aparición de la pubertad hasta el primer entore es muy importante en la vida de un vientre. Vaquillonas que llegan a la pubertad y experimentan múltiples ciclos y fases luteales normales antes del entore tienen el potencial de aumentar la fertilidad al primer servicio (Buskirk et al., 1995 citado por Gasser et al., 2006b; Rovira, 1996), tener una preñez precoz (Byerly et al., 1987 citado por Gasser et al., 2006b; Bagley, 1993), y aumentar su vida productiva (Lesmeister et al., 1973 citado por Gasser et al., 2006b). Esto significa que los animales deberían alcanzar la pubertad 1 a 3 meses antes de la edad a la que se pretenden entorar (Short et al., 1990 citado por Patterson et al., 1992).

La pubertad en vaquillonas puede estar vinculada a una altura de anca y peso en particular, pero debe alcanzarse una edad mínima (Nelsen et al., 1982 citado por Patterson et al., 1992). La edad a la que las vaquillonas comienzan los ciclos estrales regulares está correlacionada con la ganancia de peso vivo desde el nacimiento a la pubertad (Plasse et al., 1968 citado por Patterson et al., 1992; Arije y Wiltbank, 1971), pero se encuentra también determinada por un conjunto

identificable de variables genéticas y ambientales (Kinder et al., 1990; Cundiff, 1986; Mange et al., 1960 citados por Patterson et al., 1992).

4.2.1. Primer entore a los 2 años

La etapa reproductiva de la hembra comienza al primer entore, pasando así a integrar la categoría de vientre. Para muchos ganaderos uruguayos aun es problemático poder entorar sus vaquillonas a los 2 años de edad (Rovira, 1996). Luego del destete las terneras deben sobreponerse al estrés inducido por la separación de sus madres (Viñoles, 2009). Al cambio de alimentación de leche a pasto, se suma que generalmente esto ocurre en estaciones del año en que la disponibilidad y calidad de la pastura comienzan a ser limitantes (fines de otoño). Además, cuando los animales se han adaptado a esta situación impuesta comienza el invierno, período de enlentecimiento del crecimiento de las pasturas (Berretta y Bemhaja, 1998 citado por Viñoles, 2009) y por ende de pérdidas de peso de las categorías en crecimiento. En las zonas de ganadería extensiva, en donde las pasturas naturales constituyen la principal o la única fuente de forraje, se produce una pérdida en la eficiencia del proceso productivo. Esto se puede ver reflejado en pérdidas de peso del orden del 10 al 20% del peso vivo en el invierno (Rovira, 1973 citado por Rovira 1996).

A nivel nacional las alternativas en cuanto a la alimentación de terneras se han enfocado en evitar pérdidas de peso invernal, en el primer y segundo invierno de vida. Quintans y Vaz Martins (1994) citado por Rovira (1996), plantean la suplementación invernal como solución de dicho déficit, y generan diferentes alternativas como la suplementación con afrechillo de arroz, sorgo, expeler de girasol, o pastoreos de avena (Pigurina, 1994 citado por Rovira, 1996); coberturas de lotus y trébol blanco (Pittaluga et al., 1994 citado por Rovira, 1996) o mejoramientos con trifolium repens, lotus corniculatus y lolium multiflorum (Quintans y Roig, 2008)

Existen trabajos que demuestran la importancia de la alimentación diferencial en invierno para poder alcanzar los pesos de entore (Quintans y Vaz Martins, 1994 citados por Quintans 2008; Quintans, 1994). La suplementación con afrechillo de arroz al 1% del peso vivo, y el pastoreo por horas en pasturas mejoradas permiten lograr tasas de ganancia leves, de 200 g/animal/d (Brito et al., 1995; Quintans, 1994). Terneras pastoreando campo natural sin suplemento en el primer y segundo inviernos de vida pesaron 220 kg al final del segundo invierno. Las terneras suplementadas en el primer invierno pesaron 240 kg y las terneras suplementadas solo en el segundo invierno pesaron 262 kg. Las terneras suplementadas en el primer y segundo invierno alcanzaron un peso de 285 kg. La pastura base fue campo natural (disponibilidad entre 1300 y 2600 Kg de MS/há) y el suplemento utilizado fue afrechillo de arroz con una asignación que varió entre 0,7 y 1,0 % del peso vivo. O sea que la suplementación estratégica de las terneras en los dos primeros inviernos de vida permite llegar con terneras 65 kg más pesadas y adelantar el primer servicio a los dos años de vida (Rovira, 1996).

4.2.2. Primer entore a los 18 meses

Como se pudo observar en los trabajos presentados por Quintans (2008), es posible alcanzar un alto porcentaje de vaquillonas púberes con 18 a 20 meses de edad si logramos una adecuada tasa de ganancia invernal, que se podría situar alrededor de los 300 g/animal/d siempre y cuando tengamos altas tasas de ganancia durante la primavera-verano y parte del otoño. En este caso debemos decidir si a estas vaquillonas las servimos en el otoño o dejamos que transcurran unos meses más para realizar el servicio de primavera. Según lo reportado por Quintans et al. (2008), este es un sistema muy utilizado en Argentina y Brasil, pero existe escasa información en nuestras condiciones de explotación ganadera.

“Este sistema a priori tendría una desventaja a destacar: las vacas parirán a fines de verano, principio de otoño y transcurrirán el invierno lactando. Por otra parte este sistema no propone volver a servir a la vaquillona en el otoño siguiente sino por el contrario destetarla en la primavera temprano y servirla en el servicio de primavera (ej. noviembre) junto con el resto de las categorías. Esto traería asociado un servicio de vaquillonas de primera cría pero sin cría al pie, detalle no menor teniendo en cuenta la baja tasa de procreo que en general se presenta en esta categoría” (Quintans et al., 2008).

4.2.3. Primer entore a los 14 – 15 meses

Cuando el objetivo del criador es entorar las vaquillonas a los 14-15 meses, la edad en que se manifiesta la pubertad cobra mayor relevancia ya que cuando se realizan entores de 26-27 meses la crianza no necesita ser tan acelerada, por lo que se requieren de menores tasas de ganancia en el primer invierno de vida de las terneras. De todas formas, en regimenes pastoriles cualquiera de las dos opciones demandan una atención cuidadosa y una planificación adecuada de la alimentación de las terneras (Rovira, 1996).

En el ensayo realizado por Straumann et al. (2008), manejaron tres lotes de terneras, el lote T (testigo) con pérdidas de peso de 220 g/día, el lote M (manteniendo peso) con ganancias de 116 g/día y el lote G (ganando peso) con ganancias de 650 g/día. Solamente el 9,1 % de las terneras del grupo T alcanzaron la pubertad, a los 486 días de vida y con 246 kg de peso vivo. El 41,7 % de las terneras del grupo M alcanzaron la pubertad a los 466 días de vida con 278 kg de peso. Sin embargo, todas las terneras del grupo G alcanzaron la pubertad a los 452 días de edad y con 294 kg de peso. Con este ejemplo podemos ver que se requieren ganancias elevadas para lograr que todas las terneras alcancen la pubertad a edades tempranas (15 meses).

El manejo nutritivo también se puede exponer de la siguiente manera; se necesita un consumo individual del 2,3 – 2,5 % del peso vivo en MS en los 9 meses comprendidos entre el destete y el final del primer entore, y así lograr pasar de 160 a 320 kg con una ganancia de 600 g/día. En términos de energía metabolizable/día, se considera que variaría de 13 a 18 Mcal/día. Es importante que las vaquillonas a ser entoradas estén ciclando en forma normal antes del período de entore de tal manera

que en solo 42 días de entore quede preñado más del 80% de las mismas (Rovira, 1996).

Gasser et al. (2006a), logró inducir la pubertad precoz (antes de los 300 días de edad) realizando destete precoz a los 73 días de edad y 115 kg de PV y luego mantuvo un grupo con alimentación alta en concentrados (HI) y otro control (Cont) entre los 99 y los 286 días de edad, logrando las del grupo HI ganancias de 1,27 kg/día y las del grupo Cont 0,85 kg/día. La edad a la pubertad fue menor en el grupo HI que en el Cont (262 y 368 días de edad respectivamente); y el peso a la pubertad también fue menor en las HI (327 kg) en relación a las Cont (403 kg). Por lo que se deduce que se puede lograr adelantar la pubertad a edades muy tempranas, manipulando las tasas de ganancia de las terneras desde edades muy tempranas. Wehrman et al. (1996) citado por Gasser et al. (2006a), también observó la pubertad antes de los 300 días (pubertad precoz) en 25 y 8% de vaquillonas en 2 años consecutivos y sugiere que la incidencia de pubertad precoz está relacionada al aumento en la tasa de crecimiento alrededor de la época de destete.

Luego de 4 años de evaluación de alternativas nutricionales para adelantar la edad a la pubertad, se llegó a la conclusión de que no solamente importa el peso estático que las terneras alcanzan al inicio del servicio, sino que los cambios dinámicos que ocurren para llegar a ese peso son determinantes de la aparición de la pubertad (Costa et al., 2007; Barreto et al., 2005 citados por Viñoles et al., 2009; Quintans, 2008; Straumann et al., 2008).

Wiltbank et al. (1966), demostró que la ganancia de peso vivo predestete influye en la edad a la pubertad en vaquillonas mas consistentemente que ganancias de peso vivo posdestete: un incremento en la ganancia predestete resulta en un inicio de la pubertad mas temprano. Otros han observado una reducción en la edad a la pubertad con un alto peso al destete (Ormazabal et al., 1996; Greer et al., 1983; Arije y Wiltbank, 1971). A pesar de que las tasas de ganancia predestete y el peso al destete también afectan la edad a la pubertad, existen muy pocos trabajos nacionales que hayan estudiado la importancia de la nutrición focalizada en este período. Pittaluga y Rovira (1968), encuentran que vacas que gestaron y lactaron sobre pasturas mejoradas, destetan terneras más pesadas que vacas que gestaron y lactaron sobre campo natural. Las terneras del plano nutricional alto alcanzaron la pubertad antes que las del plano nutricional bajo.

4.3. Factores que determinan la aparición de la pubertad

Los procesos reproductivos son consecuencia de la interacción de los mecanismos de regulación neuroendocrina endógena y los factores ambientales. El fotoperíodo, la nutrición, los factores socio-sexuales, la genética y sus interacciones afectan directamente las actividades reproductivas a nivel cerebral (Scaramuzzi y Martin, 2008; Blach et al., 2006 citados por Viñoles et al., 2009). Por lo tanto, puede ser importante introducir las prácticas de manejo mas apropiadas en cada uno de estos factores, para maximizar el número de vaquillonas púberes a edades tempranas y promover cambios en la eficiencia reproductiva del rodeo.

Debido a que importantes aspectos del desarrollo reproductivo ocurren durante los primeros meses de vida en vaquillonas, es lógico que influencias ambientales utilizadas en esta etapa pueden acelerar la maduración sexual (Gasser et al., 2006b).

4.3.1. Genética

La mejora genética se puede lograr a través de la selección por características deseables en razas puras o explotando la heterosis o vigor híbrido, a través de cruzamientos entre razas (Viñoles et al., 2009; Gregory et al., 1966a; Gregory et al., 1966b; Wiltbank et al., 1966).

La selección a favor de la ganancia de peso en las razas carniceras puras, se ha asociado al aumento del tamaño adulto, lo que ha determinado un aumento en los requerimientos para mantenimiento, aunque no ha sido probado que tenga una relación negativa con la fertilidad (Rovira, 1996). La pubertad se alcanza cuando el animal ha alcanzado un 65 a 70% del peso adulto, por lo tanto, la raza y el biotipo del animal afectan éste parámetro (Rovira, 1996). A nivel Nacional, se ha sugerido que la selección a favor de toros con DEP positivo para ganancia de peso y peso al destete, podría estar contribuyendo a introducir una genética que determinaría un mayor tamaño adulto (Quintans, 2008).

Los cruzamientos han demostrado tener un impacto positivo en la cría. La superioridad de las vacas cruza se expresa por incrementos de un 30% en la eficiencia global con respecto a las vacas puras (Morris et al., 1987 citado por Viñoles et al., 2009). Se ha llevado a cabo un experimento dialéctico con Aberdeen Angus y Hereford con el objetivo de estudiar el impacto de la heterosis directa y maternal sobre la eficiencia reproductiva y productiva de vacas puras y cruza. Los resultados nacionales han logrado demostrar la superioridad de vientres cruza en relación a las razas puras en algunas variables reproductivas y productivas (duración del período de gestación e intervalo interpartos, pesos al nacimiento y al destete, ganancia diaria de peso durante la recría, características de la canal, producción y composición de la leche (Casal et al., 2009; Espasandin et al., 2006). Los análisis del crecimiento, eficiencia en la alimentación y datos de carcasa obtenidos por Gregory et al. (1966a, 1966b), muestran que la heterosis aumenta la tasa de maduración. En comparación entre razas, las vaquillonas Hereford (H) fueron más viejas y más pesadas a la pubertad que Aberdeen Angus (AA) y Shorthorn (S). Estos resultados muestran que la raza H madura a una tasa mas lenta que AA y S (que fueron similares).

4.3.2. Fotoperíodo

Varios autores concluyen que aunque el ganado cicla y procrea todo el año, es evidente que hay una influencia estacional sobre algunos factores relacionados a la performance reproductiva. Cambios estacionales en fotoperíodo, temperatura, humedad y nutrición pueden contribuir a la variación estacional de la eficiencia reproductiva (Tucker, 1982 citado por Honaramooz et al., 1999). A sido planteado que la variación en el largo de los días es el mejor aviso de la estación y que

vaquillonas prepúberes deben ser mas sensibles al fotoperíodo que las vacas, así como animales inmaduros de varias especies han demostrado ser mas sensibles al fotoperíodo que los adultos (Hansen et al., 1983 citado por Honaramooz et al., 1999).

La edad y el peso a la pubertad o el promedio de la tasa de crecimiento no varió entre las vaquillonas nacidas en otoño y primavera. Sin embargo las nacidas en otoño tienden a madurar a lo largo de un rango mas amplio de edades y pesos (Honaramooz et al., 1999). Schillo et al. (1992), sugiere que las nacidas en otoño alcanzan mas jóvenes la pubertad que las nacidas en primavera pero que el efecto de la estación es mas pronunciado durante los primeros 6 meses de vida a pesar de la estación de nacimiento; ya que vaquillonas expuestas a una simulación de condiciones de primavera/verano durante este período llegaron mas jóvenes a la pubertad que las expuestas a condiciones de otoño/invierno.

Fuere y Morales (2003) citado por Maquivar y Galina (2009), sugieren que factores estacionales como el fotoperíodo pueden adelantar el inicio de la pubertad, pero datos mas recientes sugieren que el factor determinante en vaquillonas zebú es el peso y condición corporal (Nogueira, 2004 citado por Maquivar y Galina, 2009). El efecto de la temperatura sobre la maduración sexual se ha mostrado relacionado a la raza de las vaquillonas. La temperatura puede ser un factor que afecte los patrones endocrinos o los requerimientos de energía para el mantenimiento (Hansen et al., 1981 citado por Honaramooz et al., 1999).

4.3.3. Interacciones sociosexuales

Experiencias con observación de animales revelan que factores ambientales como cambios estacionales y estrés social influyen en la performance reproductiva (Vandenbergh, 1989 citado por Patterson et al., 1992). La presencia o ausencia de otros individuos y la interacción social ejercen una fuerte influencia sobre el estatus reproductivo de los animales (Ungerfeld, 2007b citado por Viñoles et al., 2009).

El mecanismo por el cual la exposición a toros puede disminuir la edad a la pubertad es aun desconocido (Ormazabal et al., 1996). Por la participación de la secreción de gonadotrofinas en el comienzo de la pubertad, parece lógico que la exposición a machos estimule al eje hipotálamo-pituitaria de una manera que influya en la secreción de gonadotrofinas. Roberson et al. (1991) citado por Patterson et al. (1992), reportó una interacción entre la tasa de crecimiento y la exposición a toros en el inicio de la pubertad. La exposición con toros fue efectiva en hembras que eran mantenidas en un alto plano de nutrición. Ungerfeld (2009) citado por Viñoles et al., (2009), reportó que aumentaba la tasa de preñez en las vaquillonas de mayor peso si se las estimulaba con novillos androgenizados previo al entore. Nuevamente, se observa una fuerte interacción entre la inducción de la pubertad, y el estatus nutricional de las vaquillonas.

El efecto hembra tambien afecta el reinicio de los ciclos estrales en ovinos (Ungerfeld, 2002). La exposición de las vaquillonas prepubertad a vacas maduras no tiene una influencia consistente en el inicio de la pubertad (Nelsen et al., 1985 citado por Patterson et al., 1992), y la interacción social entre vaquillonas ciclando no tiene

efecto sobre la edad o el peso a la pubertad en las vaquillonas (Roberson et al., 1983 citado por Patterson et al., 1992).

4.3.4. Nutrición

Si se acelera el crecimiento con sobre-alimentación, el animal llega a la pubertad a una edad temprana y en caso de sub-alimentación se retarda la pubertad (Maquivar y Galina, 2009). Vaquillonas en diferentes planos nutricionales alcanzan la pubertad a diferentes edades, pero relativamente al mismo estado de desarrollo físico (Crichton et al., 1959 citado por Patterson et al., 1992). Una menor tasa de crecimiento está asociada con un retraso en el inicio de la pubertad y, por lo tanto, con el establecimiento de los ciclos reproductivos (Mukassa-Mugerwa, 1989; Plasse, 1979, 1978 citados por Maquivar y Galina, 2009). Por lo tanto, el nivel nutritivo juega el papel más importante en la búsqueda de adelantar la pubertad. La ganancia de peso de terneras destetadas en forma precoz (0,241 kg/día) es generalmente inferior a la lograda por terneras que permanecen al pie de la madre (0,608 kg/día) hasta los 6-7 meses de edad (Simeone y Beretta, 2002). La suplementación de terneras pastoreando pradera aumenta la tasa de ganancia (0,553 kg/día) a niveles similares a los logrados por terneras que permanecen al pie de la madre (0,590 kg/día), lo que refuerza la importancia del plano nutricional posdestete.

Los resultados obtenidos por varios autores evidencian que el manejo de la dieta y el crecimiento durante las etapas tempranas puede proveer un control sustancial del inicio de la pubertad (Roberts et al., 2009; Gasser et al., 2006a; Laster et al., 1972; Wiltbank et al., 1966). Ensayos a nivel nacional muestran que tanto la alimentación diferencial predestete (Pittaluga y Rovira, 1968) como posdestete (Quintans, 2008) provocan cambios en la edad a la pubertad. Pittaluga y Rovira (1968), describen que las terneras en un plano nutricional alto predestete entran en pubertad con 260 kg de peso a los 405 días y las del plano nutricional bajo, a los 425 días y 239 kg. Varios autores concluyen que la fase de crecimiento predestete ejerce una mayor influencia sobre la pubertad que la tasa de crecimiento posdestete. Vaquillonas que experimentan tasas de crecimiento más rápidas predestete alcanzan la pubertad a menor edad y mayor peso que sus contemporáneas que crecen más lentamente (Patterson et al., 1992). Más recientemente, Roberts et al. (2007, 2009), encontraron que la edad a la pubertad es más afectada por la tasa de crecimiento predestete y la tasa de crecimiento en las fases tempranas después del destete (alrededor de los 8 meses) que el crecimiento en el período justo antes del entore.

Las variables que más influyen en la condición corporal medida a los 2 años (peso vivo, circunferencia torácica y ancho de caderas) fueron significativamente influenciadas por los diferentes tratamientos nutricionales predestete, indicando un posible efecto sobre la condición corporal a esta edad (Holloway y Totusek, 1973a). Estos autores (Holloway y Totusek, 1973b), encontraron que las hembras que recibieron creep-feeding eran más pesadas y estructuralmente más grandes que el resto al momento del servicio, y luego su progenie fue más pesada que el resto al nacimiento. Hight (1966), Pinney (1962), Reid et al. (1957), Joubert (1954) citados por Holloway y Totusek, (1973b), también reportaron mayor peso al nacimiento de la cría de vacas que estuvieron en planos nutricionales altos durante su período de crecimiento.

4.4. Selección de vaquillonas de reemplazo

Por lo general, cuando se seleccionan las vaquillonas de reemplazo no se tienen en cuenta las características que realmente son importantes en un vientre; estas son: pubertad precoz, fertilidad, facilidad de parto, temperamento dócil, y bajos requerimientos de mantenimiento asociados a una alta productividad (Rovira, 1973 citado por Rovira 1996).

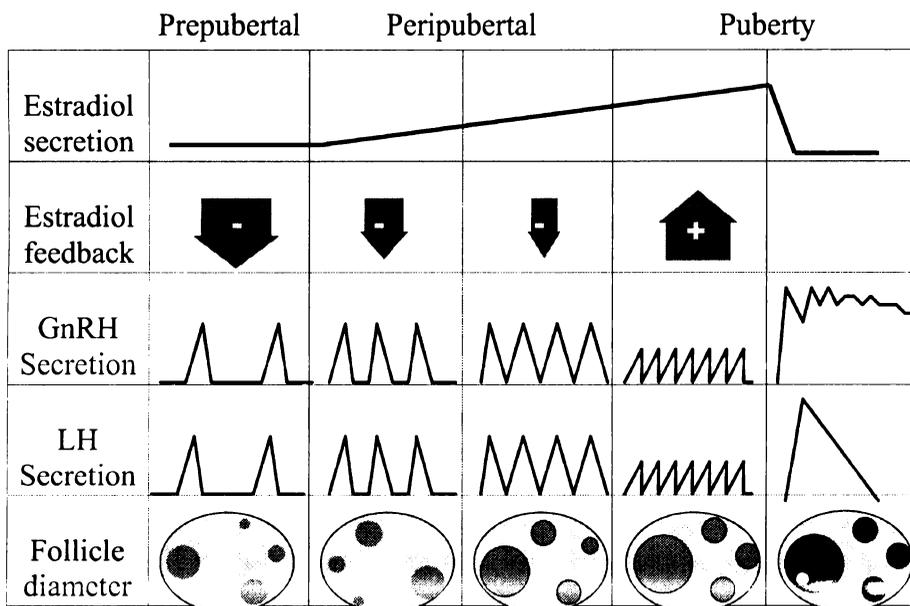
Las terneras son seleccionadas al momento del destete y esta selección es muy importante en su futuro como vaca de cría. El criador al seleccionar sus terneras tiende a elegir las más grandes sin tener en consideración la fecha de nacimiento, pero éste método, puede conducir a que aumente en el tamaño corporal de las vacas adultas, y por lo tanto mayores requerimientos nutricionales del rodeo (Rovira, 1996).

Una característica muy importante y altamente heredable es la edad a la pubertad (cerca del 50%; Brinks y Bourdon, 1992 citado por Rovira, 1996) y se relaciona positivamente con el momento en que ocurre la primera gestación y también con los niveles de fertilidad subsiguiente. La facilidad de parto es otra característica que es de vital importancia en vaquillonas, ya que esta categoría es la más difícil de volver a preñar y las dificultades aumentan aun más luego de partos distócicos. Se considera que las vaquillonas que tienen un área pélvica menor a 135 cm², tienen alta probabilidad de presentar dificultades al parto (Rovira, 1973 citado por Rovira, 1996).

La selección de los toros por su Diferencia Esperada en la Progenie (DEP) es una herramienta muy utilizada y puede ser clave para evitar problemas al parto. En este caso tendrán que ser seleccionados por valores de DEP para bajo peso del ternero al nacer y facilidad de parto. Además se debe tener en cuenta la circunferencia escrotal de los toros, ya que existen evidencias de que a mayor circunferencia escrotal, sus hijas tendrán mayor precocidad en la pubertad y mejor comportamiento reproductivo de por vida (Rovira, 1973 citado por Rovira, 1996).

4.5. Mecanismos endocrinos que desencadenan la pubertad

En terneras prepúberes, los componentes del eje reproductivo (hipotálamo-hipofisario-ovario) son funcionales mucho antes del inicio de la pubertad (Schillo, 1992). Sin embargo, la alta sensibilidad del hipotálamo a las bajas concentraciones de estradiol circulantes, hacen que no ocurra la ovulación hasta que han alcanzado un estado de madurez adecuado. Desde el punto de vista endocrino, la ocurrencia de la pubertad es el resultado de la disminución del feedback (-) del estradiol sobre la secreción de la hormona luteinizante (LH), que resulta en un aumento de la secreción de LH en respuesta a un aumento en la liberación de GnRH desde el hipotálamo (Rodríguez y Wise, 1989); y un crecimiento y maduración final de los folículos ováricos que se traducen en la primera ovulación (Cuadro I; Day y Anderson, 1998).



Cuadro I- Cambios en la sensibilidad hipotalámica al feedback del estradiol, y cambios en la secreción de GnRH, LH, crecimiento folicular y producción de estradiol que conducen a que ocurra la pubertad. GnRH= factor liberador de gonadotropinas; LH= hormona luteinizante. (Day y Anderson, 1998).

La inhabilidad del hipotálamo de secretar suficiente GnRH, y por lo tanto de estimular una suficiente secreción de LH, es el primer factor que regula el momento de la pubertad en diferentes especies. Modificaciones en la capacidad del hipotálamo de revertir la inhibición del estradiol deben ocurrir para permitir la secuencia de eventos que ocurren alrededor de la pubertad y que resultan en el aumento preovulatorio de LH. El estradiol podría jugar un rol positivo en el inicio de la pubertad a través de alteraciones en las conexiones sinápticas y estableciendo una novedosa regulación de la secreción de GnRH; los mecanismos por los cuales puede lograr esto son desconocidos pero pueden involucrar interacciones con la tasa de crecimiento (Day y Anderson, 1998). La información generada por Ryan et al. (1991), provee evidencias de que la primera descarga de gonadotropinas en la oveja durante la maduración es inevitablemente precedida por un aumento sostenido del estradiol circulante.

Esta disminución del feedback (-) permite el aumento de pulsaciones de LH hasta un nivel que puede estimular el desarrollo de los folículos ováricos en el estado preovulatorio. Este aumento pulsátil en la secreción de LH puede ser por lo tanto el paso limitante en la maduración sexual. Los mayores cambios en la frecuencia de pulsación de LH suceden los últimos 46 días anteriores a la pubertad (Schillo et al., 1992).

La concentración de FSH aumenta cuando se aproxima la pubertad (entre los 8 y 3 meses anteriores) y se corresponde con un aumento en el número de folículos mayores a 5 mm. El aumento de los pulsos de LH se corresponde con el aumento de la tasa de crecimiento del folículo mayor, que llega a un tamaño aproximado de 13 mm en el mes anterior a la ovulación. Este folículo produce suficiente estradiol para provocar la liberación preovulatoria de gonadotropinas y el comportamiento estral a la pubertad (Melvin et al., 1999).

4.6. Desarrollo folicular

La ternera nace con la cantidad de folículos que tendrá disponibles durante su vida reproductiva. En las primeras etapas de desarrollo (folículos denominados primordiales y comprometidos) el crecimiento de los folículos no depende de las gonadotropinas (Scaramuzzi et al., 1993). Los folículos primordiales constituyen el stock quiescente de folículos que se va agotando progresivamente durante la vida reproductiva del animal (Greenwald y Shyamal, 1994 citado por Viñoles, 2003), son pequeños y están presente en gran número en los ovarios. Los folículos comprometidos crecen a una tasa muy baja y su crecimiento es influenciado por factores autócrinos y parácrinos (Findlay et al., 2000; McNeilly et al., 1991 citados por Viñoles, 2003). Luego llegan a una etapa donde son capaces de responder a las gonadotropinas (altas concentraciones de las mismas aceleran su desarrollo), pero no dependen de ellas para crecer. En las etapas finales de maduración, se vuelven dependientes de las gonadotropinas para sobrevivir (FSH y LH). La utilización de la ultrasonografía, permitió determinar que en estas etapas finales del crecimiento, los folículos se desarrollan en ondas y secretan estradiol en cantidades crecientes (Adams et al., 1992). Cada onda es capaz de ovular si la frecuencia de pulsos de LH es suficiente para estimular la maduración del folículo, lo que aumenta su producción de estradiol y permite inducir la ovulación.

El número de folículos que pasan de un estadio de desarrollo al siguiente disminuyen en cada paso, y muchos folículos se pierden en el proceso de atresia. De esta forma el número de folículos que alcanza el estadio preovulatorio y la cuota ovulatoria son estrictamente reguladas (Viñoles, 2003).

El cambio más característico en el ovario bovino antes de la pubertad es el agrandamiento de los folículos; el mayor período de crecimiento ocurre entre el nacimiento y los 4 meses de edad (Evans et al., 1994; Desjardins y Hafs, 1969 citado por Schillo et al., 1992). Bergfeld et al. (1994), demostró que los ovarios de vaquillonas púberes contienen por lo menos un folículo mayor a 7 mm de diámetro en su superficie, justo antes de los 100 días previos a la primera ovulación.

4.7. Ciclos estrales

En terneras prepúberes el proceso de maduración tanto endocrina como fisiológica determina la ocurrencia de un primer ciclo estral anormal, mas corto (Bergfeld et al., 1994; Evans et al., 1994; Ryan et al., 1991), debido a que el cuerpo lúteo es mas pequeño y de vida mas corta (Figura 1) que en los ciclos subsiguientes (Ungerfeld, 2002). La función del cuerpo lúteo de vida corta no es del todo clara, pero posiblemente sea establecer la relación entre estradiol y progesterona necesaria para modular la frecuencia de pulsos de LH (Bergfeld et al., 1994). Evans et al. (1994), encontró que todas las vaquillonas de su ensayo manifestaron una fase luteal inicial corta (7 días o menos); por otro lado Bergfeld et al., (1994), considera que la ocurrencia de fases luteales cortas está asociado a un nivel nutricional alto.

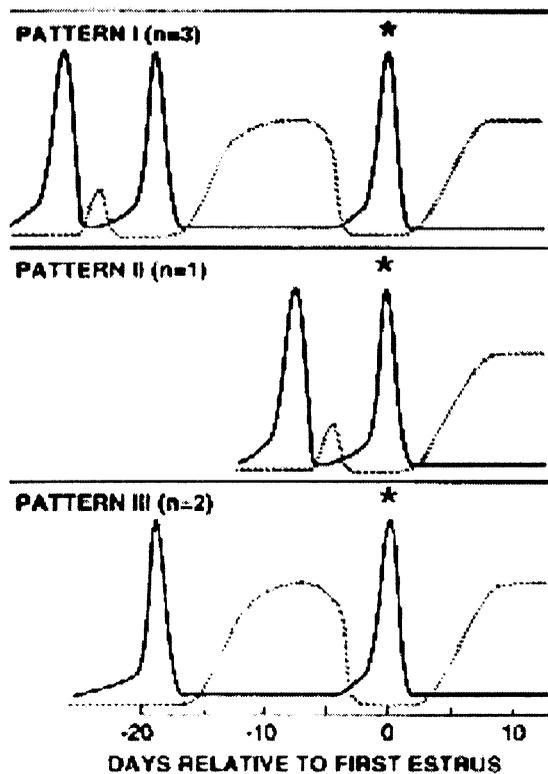


Figura 1- Patrones de LH (línea gruesa) y progesterona (línea fina), y manifestación estral (*) que se presentan en diferentes animales al inicio de la pubertad. Patrón I: primer pico de LH seguido de una fase luteal corta, segundo pico de LH seguido de una fase luteal normal previo al pico de LH desencadenante de la manifestación estral. Patrón II: pico de LH y fase luteal corta previo a la manifestación del estro. Patrón III: pico de LH seguido de una fase luteal normal previo a la manifestación estral (Ryan et al., 1991).

Por lo tanto, es importante lograr una menor edad a la pubertad en relación a la época de entore para asegurar un mayor porcentaje de hembras ciclando y que los efectos de una menor fertilidad (en el primer estro) sean minimizados (Short et al., 1990 citado por Patterson et al., 1992). La pubertad determina el comienzo de los ciclos estrales, que se definen como el período entre dos manifestaciones estrales (estro) que se repiten en forma regular cada 21 días en la vaca. La ovulación ocurre 24 a 30 horas luego de iniciado el estro. En los animales domésticos el apareamiento solo ocurre durante el estro, que coincide con la ovulación. La duración del estro y el momento de la ovulación también varían con los factores externos e internos (Hafez, 1996).

4.8. Regulación endocrina del ciclo estral

En la figura 2 se puede ver que el ciclo estral está regulado por mecanismos endocrinos y neuroendocrinos, a través de las hormonas hipotalámicas, gonadotropinas secretadas por la hipófisis y esteroides secretados por el ovario. A nivel del ovario, el período estral se caracteriza por una secreción elevada de estrógenos a partir de los folículos preovulatorios de Graff (Hafez, 1996)

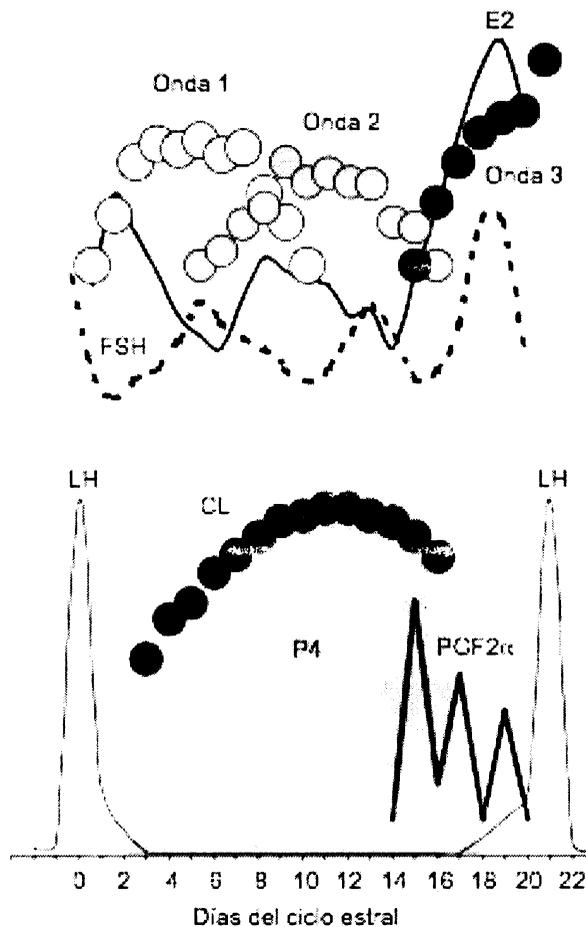


Figura 2- Eventos endocrinos que regulan el ciclo estral en la vaca. La hormona luteinizante (LH) estimula la ovulación, y formación de un cuerpo lúteo (CL) que secreta progesterona (P4). La fase del ciclo dominada por altos niveles de progesterona se denomina fase lútea, durante la cual se producen 2 o 3 ondas de desarrollo folicular, provocadas por aumentos de la hormona folículo estimulante (FSH). Cuando la prostaglandina F2 α (PGF2 α) aumenta, induce la regresión de CL y disminución en los niveles de P4. Esto hace que aumente la frecuencia de pulsos de LH, lo que induce la maduración folicular, y su máxima producción de estrógenos, con lo cual ocurre nuevamente el celo y la ovulación. La fase del ciclo dominada por altos niveles de estrógeno se denomina fase folicular (adaptado de Viñoles, 2000).

Al finalizar el estro, los altos niveles de estrógeno promueven un aumento de la LH, que induce la ovulación. La ovulación es seguida por la formación de cuerpo lúteo que produce progesterona (fase lútea). La fase folicular comprende desde la regresión del cuerpo lúteo, hasta la ovulación (Figura 2). Por lo tanto, la duración del ciclo estral esta relacionada estrechamente con la duración de la fase lútea, ya que los altos niveles de progesterona frenan la manifestación estral (Hafez, 1996; Bergfeld et al., 1994). La involución del cuerpo lúteo es causada por la acción de un factor luteolítico de origen uterino, la prostaglandina (Figura 2).

Los niveles de progesterona modulan el crecimiento folicular. Altos niveles de progesterona tienen un efecto supresivo sobre el crecimiento del folículo más grande, estimulando el recambio folicular y el desarrollo de un mayor número de ondas. La progesterona inhibe la frecuencia de pulsos de LH, impidiendo al folículo alcanzar la etapa final de maduración (Viñoles, 2003), para que esto ocurra deben caer los niveles de progesterona con el incremento paralelo de los pulsos de LH (Borges et al., 2001).

4.9. Ondas foliculares

Una onda de crecimiento folicular involucra el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos (Figura 2), que es estimulado a crecer por un aumento en las concentraciones de FSH (Evans et al., 1994). La onda se caracteriza por el desarrollo de un folículo dominante que produce estradiol; cuando disminuye la concentración de FSH se promueve la regresión o atresia de los demás folículos de la onda (Figura 2). Si el folículo dominante se desarrolla durante la fase lútea es anovulatorio y es ovulatorio si se desarrolla durante la fase folicular del ciclo, e invariablemente se atresian los folículos subordinados (Bó et al., 1996). Se denomina folículo subordinado, a un segundo folículo que es capaz de sobrevivir por un tiempo más largo que el resto.

En los ciclos de 2 ondas, la primera onda se detecta el día de la ovulación (denominado día 0) y la segunda en el día 10. Los folículos puede ser individualmente identificables a partir de un diámetro de 4 mm. El folículo dominante de la onda 2 es el ovulatorio aunque su diámetro máximo es similar al del folículo dominante de la onda 1 (16 mm). Para el patrón de 3 ondas (Figura 2), las emergencias de las ondas se detectaron a los días 0, 9 y 16 y las dos primeras fueron anovulatorias. El folículo dominante de las ondas 1 y 2, que se desarrollan bajo altos niveles de progesterona, alcanzan un menor tamaño que el folículo ovulatorio (Figura 2). Esto ocurre por el conocido efecto negativo de la progesterona sobre la frecuencia de pulsos de LH, que es clave para el crecimiento y maduración final del folículo preovulatorio (Figura 2; Borges et al., 2001).

Las ondas de desarrollo folicular ocurren tanto en vacas adultas (durante la gestación y anestro) como en terneras prepúberes (Adams et al., 1992). En estudios recientes en vaquillonas, se concluyó que los mecanismos que controlan el fenómeno de la emergencia de ondas, selección y regresión folicular se establecen a las dos semanas de edad (Adams et al., 1992).

4.10. Influencia de la nutrición sobre el eje reproductivo

Todavía se desconoce cuales son los factores que inducen a la reversión del efecto del estradiol a nivel central, pero se especula que las hormonas metabólicas (insulina, leptina e IGF-1), podrían jugar un rol importante (Schillo, 1992). La edad a la cual declina la inhibición del estradiol sobre la secreción de LH puede estar influenciada por la dieta (Kurz et al., 1990 citado por Gasser et al., 2006b), como puede ser también pospuesta por la restricción en el consumo de energía (Gasser et al., 2006b).

El efecto de la sub-nutrición sobre la reproducción se ejerce en forma primaria a nivel del eje hipotálamo-pituitaria, bloqueando la frecuencia de pulsos de LH y la ovulación. Cuando las vaquillonas se alimentan con una dieta adecuada para el crecimiento exhiben un aumento en la frecuencia de pulsaciones de LH y llegan a la pubertad (Day et al., 1986). El aumento en el consumo de nutrientes resultó en mayor concentración de IGF-1, insulina y glucosa y estuvo asociado con la ocurrencia más temprana de la pubertad. Según Schillo et al. (1992), los ácidos grasos y GH son inhibitorios, mientras que IGF-1, insulina y tirosina son estimuladores del aumento de LH. Estudios más recientes suponen la hipótesis de que la disponibilidad de energía total más que un metabolito u hormona en especial, media los efectos de la nutrición sobre la secreción de LH (Schillo et al., 1992).

Las hormonas metabólicas cumplen un rol importante en el control del desarrollo folicular y es probable que sean los mediadores del efecto de la nutrición sobre la tasa ovulatoria (Muñoz-Gutiérrez et al., 2002 citado por Viñoles, 2003). En algunos estudios, se observó que un mayor nivel de ingesta aumentó las concentraciones de FSH durante la fase luteal y folicular del ciclo, y se asoció con un aumento en la tasa ovulatoria (Smith y Stewart, 1990; Rhind et al., 1985 citados por Viñoles, 2003). La nutrición afecta el tamaño del folículo dominante y la velocidad de recambio folicular (Murphy et al., 1991 citado por Viñoles, 2003). Es probable que también afecte la capacidad de los folículos de responder a la acción de la FSH (Scaramuzzi y Campbell, 1990 citado por Viñoles, 2003).

La cronología del desarrollo folicular difiere en vaquillonas con 2 niveles energéticos diferentes en la dieta. Bergfeld et al. (1994), observó que el diámetro máximo del folículo dominante fue menor en vaquillonas que recibieron una dieta baja en energía, comparadas con vaquillonas alimentadas con mayor energía en los meses previos al inicio de la pubertad (Figura 3). No hubo diferencia en el tamaño del folículo dominante entre dietas cuando se compararon a la misma edad fisiológica; sin embargo en las vaquillonas que recibieron la dieta alta en energía el tamaño máximo del folículo dominante se alcanzó a una edad más temprana y ese folículo fue asociado con mayor concentración de estradiol circulante. O sea que los 2 grupos desarrollaron folículos dominantes de similar tamaño a la primera ovulación, pero la primera ovulación ocurrió en promedio 2 meses más tarde en las vaquillonas que recibieron la dieta baja comparadas con las que recibieron la dieta alta en energía (Figura 3: Bergfeld et al., 1994).

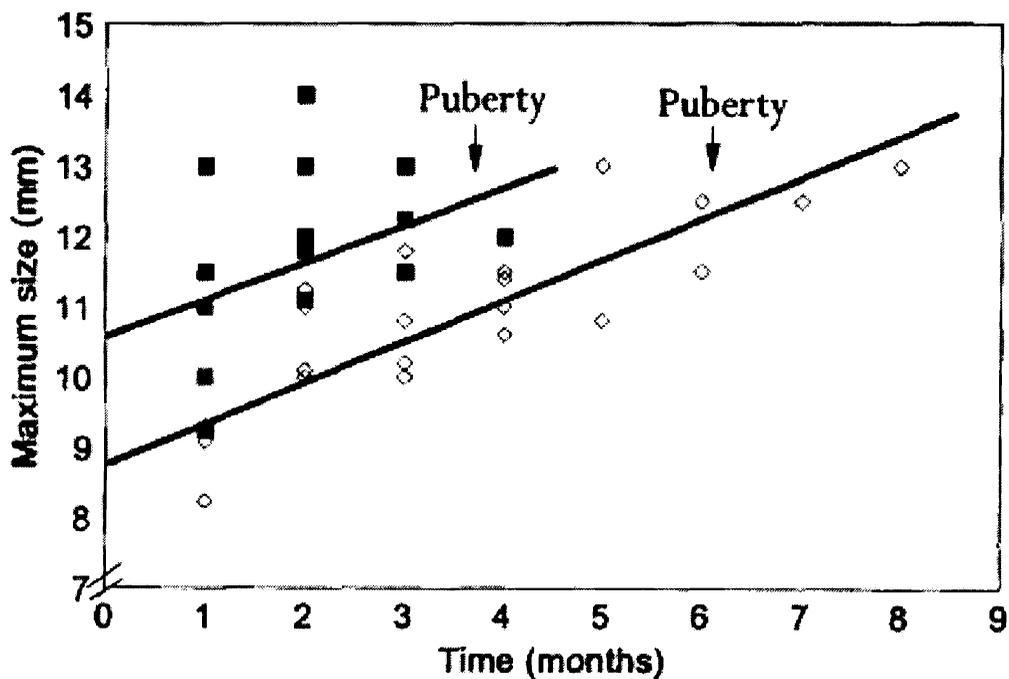


Figura 3- Regresión del tamaño del folículo dominante en el tiempo para vaquillonas alimentadas con una dieta alta (símbolos negros) o baja (símbolos blancos) en energía. Pubertad= indica el tiempo promedio al que las terneras alcanzaron la pubertad en ambos grupos (Bergfeld et al., 1994).

La insulina juega un rol importante en regular la respuesta ovárica a las gonadotropinas, ya que uniéndose a su receptor (presente en las células de la granulosa y tecales del folículo) estimula numerosos procesos metabólicos, el más importante de los cuales es el transporte de glucosa al interior de las células. La glucosa es la fuente más importante de energía para el ovario (Rabiee et al., 1997 citado por Viñoles, 2003). Los autores concluyen que la insulina sería la mediadora del estímulo nutricional, actuando directamente a nivel cerebral o indirectamente aumentando el consumo de glucosa en el ovario (Downing et al., 1995a citado por Viñoles, 2003). Yelich et al. (1996), observó que la concentración de insulina en suero y de glucosa en plasma entre los 9 y 12 meses de edad estaban positivamente asociadas con el consumo de nutrientes.

Otra señal metabólica que afecta la función reproductiva es la leptina (potente hormona que regula la saciedad) sintetizada y secretada por los adipocitos, cuyas concentraciones están altamente correlacionadas con el peso vivo y la adipocidad (Bonnet et al., 2007; Unningham et al., 2002 citado por Garcia et al., 2003; Boland et al., 2001). La leptina actúa directamente a nivel hipotalámico para regular la ingesta de comida y el balance energético de todo el organismo, y tiene acciones directas a nivel ovárico (Spicer, 2003; Boland et al., 2001). Schillo et al. (1992), indicó que llegar a cierto nivel de grasa corporal induce cambios endocrinos que son necesarios para el inicio de la pubertad.

La leptina podría ser el sensor del estado nutricional neto del animal. Existe una estrecha relación entre los niveles de insulina y leptina. Promoviendo la lipogénesis,

la insulina puede indirectamente aumentar la producción de leptina (Poretsky et al., 1999 revisión citado por Viñoles, 2003). La leptina podría ejercer un efecto inhibitorio directo en la función ovárica del bovino, a través de la inhibición de enzimas claves para la esteroidogénesis a nivel de las células tecaes y granulosa (Spicer y Francisco, 1997 citado por Viñoles, 2003; Spicer, 2003).

El IGF-1 aparece como modulador del efecto de la FSH sobre el crecimiento de los folículos (aumenta la sensibilidad de las células de la granulosa a la FSH) y está directamente influenciado por el plano de nutrición (Adashi et al., 1985 citado por Bergfeld et al., 1994). La concentración plasmática de estradiol está altamente correlacionada con los niveles plasmáticos de IGF-1 (Beam y Butler, 1998 citado por Butler, 2003); esto es consistente con la demostración de que cambios en la concentración sistémica de IGF-1 y proteínas asociadas a éste afectan sus concentraciones en el líquido folicular y el desarrollo folicular en vaquillonas (Perks et al., 1999; Cohick et al., 1996 citados por Butler, 2003). Gasser et al., (2006b), demostró que una alimentación alta en energía puede aumentar las concentraciones de IGF-1 resultando en un adelantamiento del desarrollo folicular y una pubertad precoz; y concluyó en que las señales nutritivas responsables de la activación precoz del eje reproductivo son más importantes entre los 3 y 6 meses de edad.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Estudiar el efecto de diferentes planos nutricionales entre los 2 y 5 meses de vida sobre el desarrollo corporal y la edad a la pubertad en terneras Hereford.

5.2. Objetivos específicos

- 1- Estudiar el efecto de diferentes planos nutricionales sobre la tasa de ganancia de peso de las terneras.
- 2- Evaluar el impacto de las diferentes tasas de ganancia sobre el desarrollo corporal y peso al destete.
- 3- Estudiar el impacto de la tasa de ganancia entre los 2 y 5 meses sobre el tamaño folicular y la edad a la pubertad de terneras Hereford.

6. HIPÓTESIS

Terneras Hereford suplementadas al pie de la madre entre los 2 y 5 meses de edad, tienen un mayor peso a los 5 meses y la ventaja en el desarrollo corporal determina que manifiesten la pubertad antes que terneras no suplementadas al pie de la madre y terneras destetadas a los 2 meses.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. UBICACIÓN

Este trabajo esta enmarcado dentro de un experimento realizado en la Unidad Experimental Glencoe, perteneciente a INIA Tacuarembó, en el período comprendido entre el 22 de mayo de 2008 al 31 de marzo del 2009. La U.E. Glencoe esta ubicada en la 9º seccional Policial y 8º seccional Judicial del departamento de Paysandú, en la fracción nº 9 de la colonia Fernando J. Baccaro. Con acceso en el km 113 de la ruta 26, donde se debe tomar un camino vecinal, recorriendo 22 km con dirección sur.

A continuación se describe: 1) los tratamientos diferenciales a los que fueron sometidos las terneras y los resultados de los mismos (7.2), y 2) etapa de tratamiento conjunto, momento en que se comenzó con las determinaciones incluidas en la presente tesis (7.3).

7.2. ANIMALES Y TRATAMIENTOS DIFERENCIALES

Se utilizaron 47 terneras Hereford nacidas en primavera (entre el 13/10/2007 y el 17/11/2007), las cuales se bloquearon en función de la fecha de nacimiento y del peso vivo al nacer; y fueron asignadas a tres tratamientos. Tres sistemas de manejo diferentes fueron implementados para imponer tres planos de nutrición entre los 2 y 5 meses de vida: 1) plano bajo (n=16), 2) plano medio (n=14) y 3) plano alto (creep feeding, n=17). El plano de nutrición bajo fue realizado destetando un grupo de terneras a los 2 meses de edad (70 días; 9/01/2008) y posteriormente se suplementaron al 1,5% del peso vivo hasta los 5 meses de edad (154 días). La ración tenía 27% de proteína cruda (PC), y 2,8 Mcal de energía metabolizable (EM) /kg MS; durante este período las terneras pastorearon un campo natural con una disponibilidad de 698 kg MS/há, con un 9,8% PC y 1,8 Mcal de EM /kg MS y estaban a una carga de 0,5 UG/há. Las terneras del plano de nutrición medio permanecieron al pie de la madre y fueron destetadas a los 5 meses de edad (153 días; destete tradicional). El plano alto de nutrición fue realizado mediante la suplementación de un grupo de terneras al pie de la madre desde los 2 meses (65 días; 3/01/2008) hasta los 5 meses de edad. La ración que recibieron tenía 27% de PC, y 2,8 Mcal de EM /kg MS y fue administrada ad libitum (rechazo > 15% de la oferta). Hasta los 5 meses de edad, todas las terneras que permanecieron al pie de la madre pastorearon un campo natural que tenía una disponibilidad de 2553 kg MS/há, 9% de PC y 1,9 Mcal de EM /kg MS en la pastura y estaban a una carga de 1,4 UG/há.

7.2.1. Respuesta a los tratamientos diferenciales

El grupo de terneras sometido al plano alto de nutrición entre los 2 y 5 meses de edad, alcanzó mayor peso a los 5 meses respecto a los grupos que recibieron los planos medio y bajo, lo que se asoció con mayores tasas de ganancia durante la alimentación diferencial (Figura 4, Cuadro II). Las terneras destetadas con 5 meses y

suplementadas al pie de la madre pesaron 31 kg más que las no suplementadas al pie de la madre y 36 kg más que las destetadas con 2 meses ($P<0,05$) (Cuadro II).

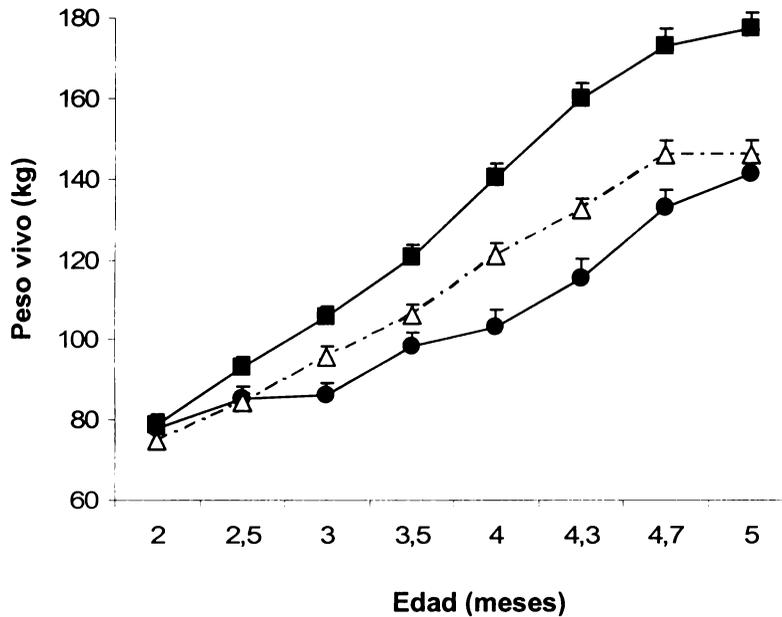


Figura 4- Evolución de peso de terneras sometidas a diferentes planos nutricionales de los 2 a 5 meses de edad. Grupo en plano alto (destetado a los 5 meses y suplementado, ■); Grupo en plano medio (destetado a los 5 meses no suplementado, △); Grupo en plano bajo (destetado a los 2 meses, ●). El grupo ■ fue significativamente más pesado que los grupos △ y ● desde los 3.5 a los 5 meses de edad; los grupos △ y ● fueron diferentes desde los 4 a los 4.7 meses de edad.

En el cuadro II se presentan las características de las terneras a los 5 meses de edad, cuando comenzaron a pastorear en conjunto. Las terneras suplementadas al pie de la madre fueron 4 cm más altas que las no suplementadas, y 7 cm más altas que las destetadas a los 2 meses ($P<0,05$). Las terneras no suplementadas al pie de la madre fueron 3 cm más altas que las destetadas a los 2 meses (Cuadro II). Se observa que las diferencias de peso no afectaron el tamaño folicular.

Cuadro II- Características de las terneras sometidas a diferentes planos de nutrición al momento de inicio del pastoreo conjunto a los 5 meses de edad.

Plano Nutricional	n	Edad (días)	PV (kg)	Altura anca (cm)	F1 (mm)	F2 (mm)	Ganancia predestete definitivo (kg/día)
Alto	17	154±2,1 ^a	177±4,1 ^a	104±0,8 ^a	7±0,5 ^a	5±0,5 ^a	1,0±0,08 ^a
Medio	14	152±2,3 ^a	146±3,2 ^b	100±0,7 ^c	7±0,4 ^a	5±0,3 ^a	0,7±0,09 ^b
Bajo	16	152±3,2 ^a	141±4,6 ^b	97±2,6 ^b	7±0,3 ^a	5±0,3 ^a	0,6±0,09 ^b

n= número de animales; PV= peso vivo, F1= folículo más grande; F2= segundo folículo más grande. Letras diferentes difieren estadísticamente a un valor $P<0,05$.

Plano alto: suplementación ad libitum al pie de la madre entre los 2-5 meses. Plano medio: al pie de la madre sin suplementación. Plano bajo: destete a los 2 meses y suplementación al 1,5% PV hasta los 5 meses.

7.3. PERÍODO DE TRATAMIENTO CONJUNTO

A partir de los 5 meses que fue la fecha de destete definitivo (31/03/2008), todas las terneras pastorearon juntas en un mejoramiento de trébol blanco y lotus con una asignación de 4 kg de forraje cada 100 kg de peso vivo (4% P.V.), hasta el 16/12/2008. Desde el 17/12/2008 hasta el 30/12/2008 se incrementó la asignación al 8% en la misma pastura, debido a que las ganancias no eran las esperadas. A partir del 8/01/2009, debido a la disminución en la disponibilidad de forraje por la sequía, se comenzó a suplementar al 1% del P.V., (primero con afrechillo de arroz durante diez días, luego con sorgo molido durante diez días) y a partir del 28/01/2009 se comenzó a suplementar con cebada al 1% del P.V. y urea al 1% de los kilos de cebada.

7.3.1. Determinaciones en las terneras

Las determinaciones que se realizaron a partir de la fecha de destete definitivo en los animales fueron las siguientes:

7.3.1.1. Peso vivo

Se realizó cada 2 semanas, tomando registros de peso vivo. Las pesadas fueron realizadas utilizando una balanza True-test GR 3000 (True-test Corporation Limited), con una capacidad de carga de 3000 kg., una sensibilidad de 0,1 – 5 kg. y una exactitud $\pm 1\%$ o 2 resoluciones. Las terneras eran pesadas y permanecían encerradas para realizar ecografía de ovarios al día siguiente. La tasa de ganancia de peso se calculó como la diferencia de peso dividido los días entre pesadas, y expresado en kg/d.

7.3.1.2. Ecografía de ovarios

Se realizó cada 2 semanas, mediante ultrasonografía transrectal (Figura 5) con un equipo modo B en tiempo real (Aloka SSD 500, Aloka Co; Ltd. Tokio, Japón) equipado con un transductor lineal de 7,5 Mhz.

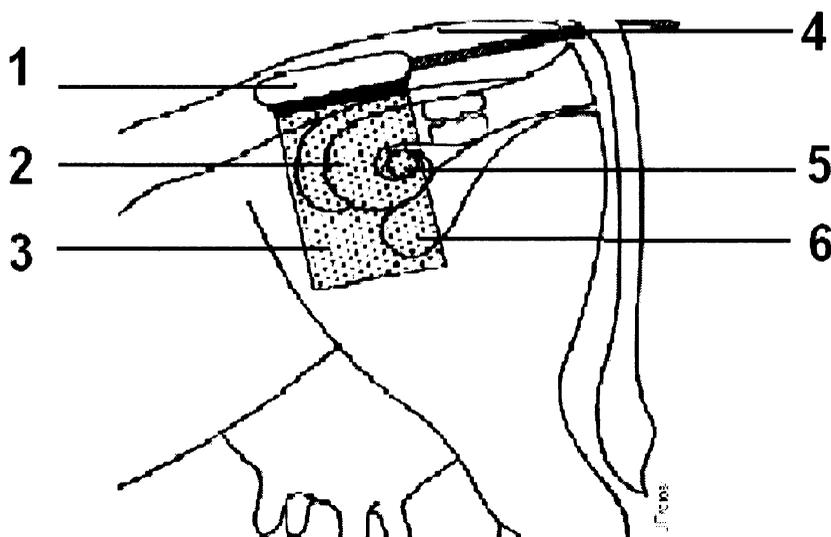


Figura 5- Esquema de una ecografía transrectal (1- Transductor, 2- Cuernos del útero, 3- Zona de penetración de las ondas ultrasónicas, 4- Recto, 5- Ovario, 6- Vejiga urinaria)

7.3.1.2.1. Metodología utilizada para la examinación ultrasonográfica del tracto reproductivo en la ternera

El examen fue realizado con la ternera encephada, de pie, mediante manipulación intrarectal externa de la sonda debido al menor tamaño de la ternera en comparación con la vaca adulta. Para esto se fija un transductor lineal de 7,5 Mhz a un vástago rígido atraumático. Previo a introducir el transductor, se inyectó carboximetilcelulosa como lubricante en el recto para mejorar el contacto entre la sonda y el recto y obtener imágenes de mejor calidad. Se midió el diámetro de los dos folículos más grandes de cada ovario y presencia de cuerpo lúteo. Se definió la pubertad como el momento en que se visualizó un cuerpo lúteo en la superficie del ovario.

7.3.1.3. Altura de anca

Se realizó cada 8 semanas, y consistía en encephar la vaquillona y medir la altura con una regla en un punto directamente por encima de los huesos de la cadera, con el animal parado sobre una superficie bien nivelada (Dolezal y Coe, 1996). La tasa de crecimiento se calculó como la diferencia en altura entre dos evaluaciones, dividido los días que transcurrieron entre las mismas y se expresó en cm/d. Al final del ensayo se calculó el tamaño corporal (frame) de las terneras, utilizando la siguiente fórmula: $(-11,7086 + 0,1859 \times (\text{altura de anca}) - 0,0239 \times (\text{edad}) + 0,0000146 \times (\text{edad} \times \text{edad}) + 0,00002988 \times (\text{altura anca}) \times (\text{edad})$ (1).

7.3.2. Determinaciones en la pastura

Se utilizó un pastoreo en franjas, por lo tanto se realizaron cortes (con cuadros de metal de 20 por 50 cm) para estimar la cantidad de forraje disponible cada 2

semanas, y así poder reajustar el área de la franja, tomando en cuenta el peso de las terneras en ese momento. También se realizó al final del pastoreo de cada franja un corte de la pastura para medir el rechazo. Se determinó el peso verde de las muestras, luego fueron secadas en estufa en la UE Glencoe a 60°C por 24 hs para determinar el porcentaje de materia seca (MS). Al mismo tiempo que se realizaban cortes de disponible y rechazo, se cortaba de cada franja muestras que se destinaban para análisis de composición botánica y de calidad. Para determinar la composición botánica se separó en forraje verde y restos secos (RS), dentro del forraje verde se separó en gramíneas (G), otras gramíneas (O Gram), leguminosas (Leg), otras leguminosas (O Leg) y malezas (Mz); se pesaron estas fracciones en verde y en seco luego de ser secadas en estufa a 60°C durante 48 hs. Para los análisis de calidad las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela, donde se determinaron los porcentajes de las fracciones proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA).

7.3.3. Análisis estadísticos

Las variables continuas con medidas repetidas en el tiempo (peso vivo, promedio de ganancia diaria de peso, altura de anca, crecimiento y tamaño folicular) fueron comparadas por análisis de varianza, utilizando el procedimiento mixto disponible en SAS (SAS 9.1.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). El modelo incluyó los efectos fijos de grupo, día, período (anterior o posterior a los 5 meses de edad) y sus interacciones. El efecto aleatorio fue la ternera asignada a cada grupo. La estructura de covarianza utilizada fue la autoregresiva orden 1 (AR(1)), que permitió estimar la correlación entre mediciones sucesivas del mismo animal. La variable categórica pubertad, fue analizada utilizando el procedimiento genmode de SAS luego de la transformación logarítmica y asumiendo una distribución binomial. Los efectos fueron considerados significativos si $P < 0,05$, y tendencia si $0,05 > P > 0,1$.

8. RESULTADOS

8.1. Resultados de la pastura

En el Cuadro III y la Figura 6 se puede observar que la mayor disponibilidad de forraje se presentó en primavera (desde noviembre hasta mediados de diciembre), lo que redundó en mayores ganancias de peso por parte de los animales. La calidad de la pastura fue similar entre estaciones y aportó un 10% de PC y 2,0 Mcal EM /kg MS.

Cuadro III- Disponibilidad y rechazo de la pastura en valores promedio para cada estación, y ganancia correspondiente durante la alimentación conjunta.

Estación	Disponibilidad (KgMS/ha)	Rechazo (KgMS/ha)	Ganancia (Kg/animal/día)
Otoño	1708	1161	0,136
Invierno	2057	1447	0,280
Primavera	2836	1425	0,768
Verano	1480	967	0,369*

* En este período los animales fueron suplementados con cebada al 1% del P.V. y urea al 1% de los kilos de cebada.

El aumento en la disponibilidad de forraje en primavera, asociado con un mantenimiento en los niveles de rechazo, sugieren un aumento en el consumo de forraje en éste período (Figura 6).

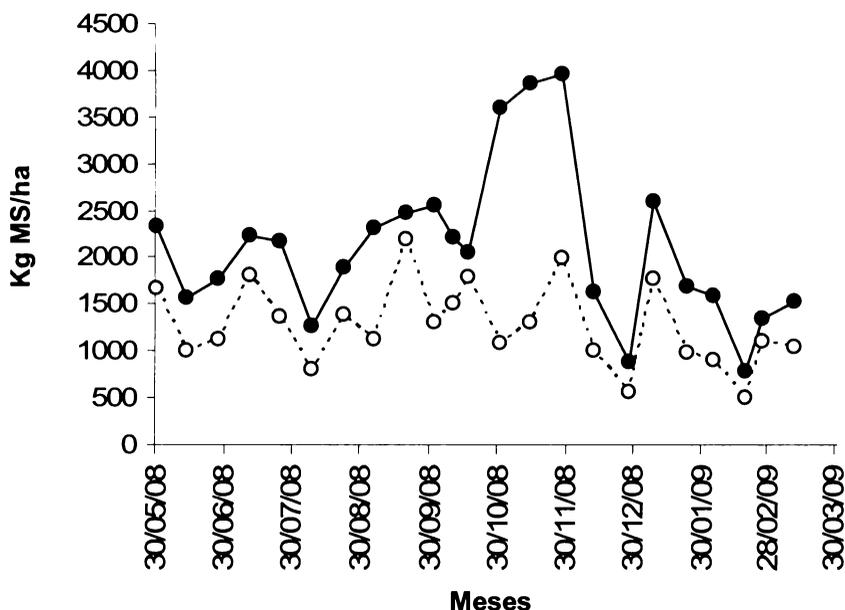


Figura 6- Evolución de la pastura disponible (●) y rechazo (○) en todo el periodo experimental

8.1.1. Composición botánica

En cuanto a la composición de la pastura es de resaltar que la fracción resto seco aumentó hacia la segunda mitad de la primavera y fue predominante en la primera mitad del verano. El mayor aporte de leguminosas se observó en invierno y principio de primavera, y hacia el final del ensayo se observa una recuperación de la fracción gramíneas (Cuadro IV).

Cuadro IV- Variación de la composición botánica a lo largo del ensayo (expresada en porcentaje en base seco).

Estación	Otoño		Invierno		Primavera		Verano	
	2ª mitad	1ª mitad	2ª mitad	1ª mitad	2ª mitad	1ª mitad	2ª mitad	
RS	34	23	23	6	70	100	16	
Gram	38	47	53	19	6	0	79	
O Gram	10	0	0	21	2	0	3	
Leg	6	28	11	51	4	0	0	
O Leg	1	0	2	2	0	0	0	
Mz	11	3	11	0	18	0	2	

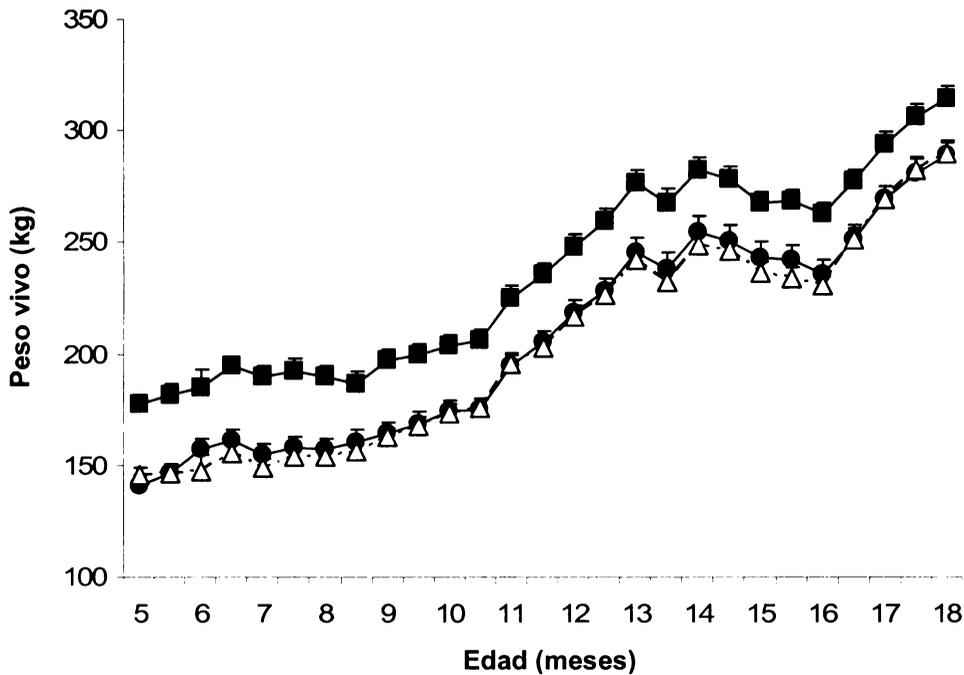
RS= Resto Seco; Gram= Gramíneas; O Gram= Otras Gramíneas; Leg = Leguminosas; O Leg= Otras leguminosas; Mz= Malezas.

8.2. **Período de alimentación conjunta**

8.2.1. Evolución del peso vivo

Aunque la diferencia de peso lograda por las terneras suplementadas al pie de la madre a los 5 meses de edad, disminuyó hacia los 18 meses de edad, las terneras del plano alto de nutrición continuaron siendo más pesadas que los otros dos grupos (Figura 7). Estas mantenían una diferencia de 24 Kg con respecto a las no suplementadas y 25 Kg con respecto a las destetadas a los 2 meses de edad ($P < 0,05$).

En la Figura 7 se observan períodos de pérdida de peso en el otoño-invierno pero estas fueron más acentuadas en el verano.



Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Ot
-------	----------	-----------	--------	----

Figura 7- Evolución de peso a lo largo del ensayo de terneras sometidas a diferentes planos nutricionales de los 2 a 5 meses de edad. Grupo en plano alto (destetado a los 5 meses y suplementado, ■); Grupo en plano medio (destetado a los 5 meses no suplementado, △); Grupo en plano bajo (destetado a los 2 meses, ●). El grupo ■ fue significativamente más pesado que los grupos △ y ● desde los 5 a los 18 meses de edad, sin observarse diferencias entre △ y ●. Ot= Otoño.

8.2.2. Tasa de ganancia diaria

Las ganancias de peso vivo fueron variables al lo largo del ensayo ($P < 0,01$), pero similares entre grupos ($P > 0,05$; Figura 8). Hubieron 6 mediciones en que las ganancias fueron negativas. Algunas de estas pérdidas de peso se produjeron en el período otoño-invierno (rango: 0,04 a 0,55 kg/día), pero las pérdidas más importantes se observaron en el verano (rango: 0,04 a 0,91 kg/día). Estas variaciones en la ganancia diaria se relacionan con la gráfica de peso vivo observada anteriormente.

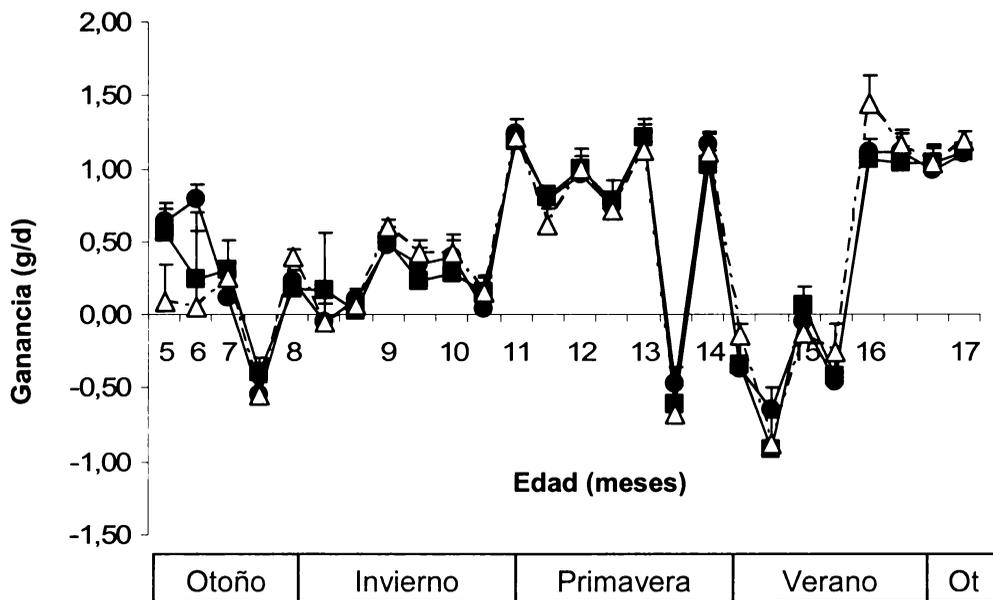


Figura 8- Ganancia diaria de peso vivo en terneras sometidas a diferentes planos nutricionales de los 2 a 5 meses de edad. Grupo en plano alto (destetado a los 5 meses y suplementado, ■); Grupo en plano medio (destetado a los 5 meses no suplementado, △); Grupo en plano bajo (destetado a los 2 meses, ●). Ot= Otoño.

8.2.3. Evolución de la altura de anca

La diferencia en altura de anca de las terneras destetadas con 5 meses y no suplementadas al pie de la madre y las destetadas a los 2 meses no fue significativa ($P=0,9$) y desapareció a los 7 meses de edad (Figura 9). A los 5 meses de edad, las terneras suplementadas al pie de la madre fueron más altas ($P<0,05$) que las de los otros dos tratamientos, y a pesar que la diferencia lograda disminuyó en su magnitud, continuó siendo estadísticamente significativa hasta los 18 meses de edad, a favor de las terneras del plano alto ($P<0,05$; Figura 9).

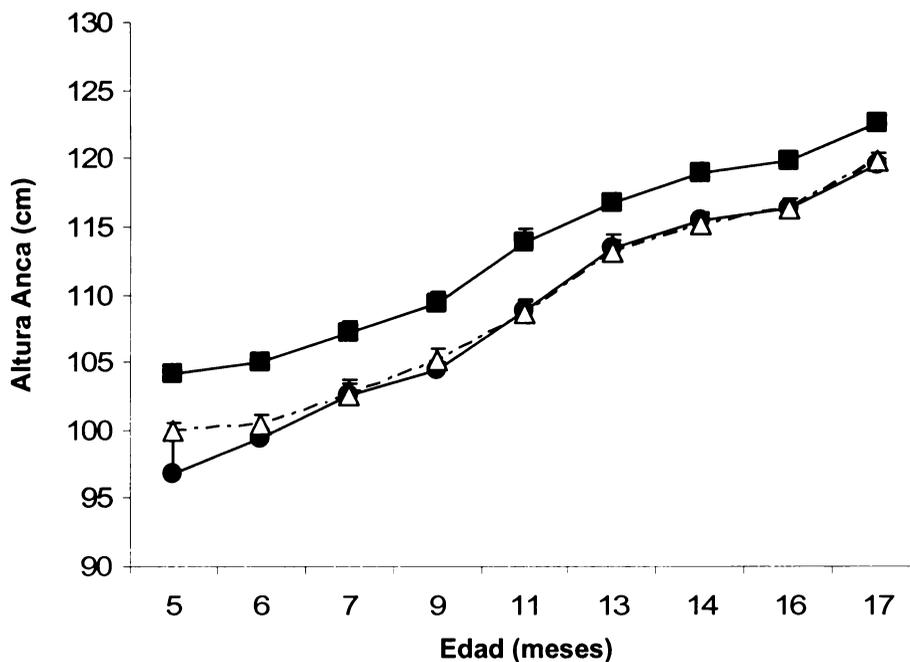


Figura 9- Evolución de la altura de anca en terneras sometidas a diferentes planos nutricionales de los 2 a 5 meses de edad. Grupo en plano alto (destetado a los 5 meses y suplementado, ■); Grupo en plano medio (destetado a los 5 meses no suplementado, △); Grupo en plano bajo (destetado a los 2 meses, ●). El grupo ■ fue significativamente más alto que los grupos △ y ● desde los 5 a los 18 meses de edad, sin observarse diferencias entre △ y ●.

8.2.4. Crecimiento

Durante el período de alimentación conjunta la tasa de crecimiento fue similar entre los 3 grupos ($P > 0,05$) pero variable en el tiempo ($P < 0,001$), siendo en los meses de verano donde se observó el menor crecimiento (Figura 10). Las variaciones encontradas en la Figura 10 se relacionan con la evolución de la altura de anca observada en la gráfica anterior (Figura 9) en donde se observa que el aumento en el tamaño no fue muy importante entre los 14 y 16 meses de edad.

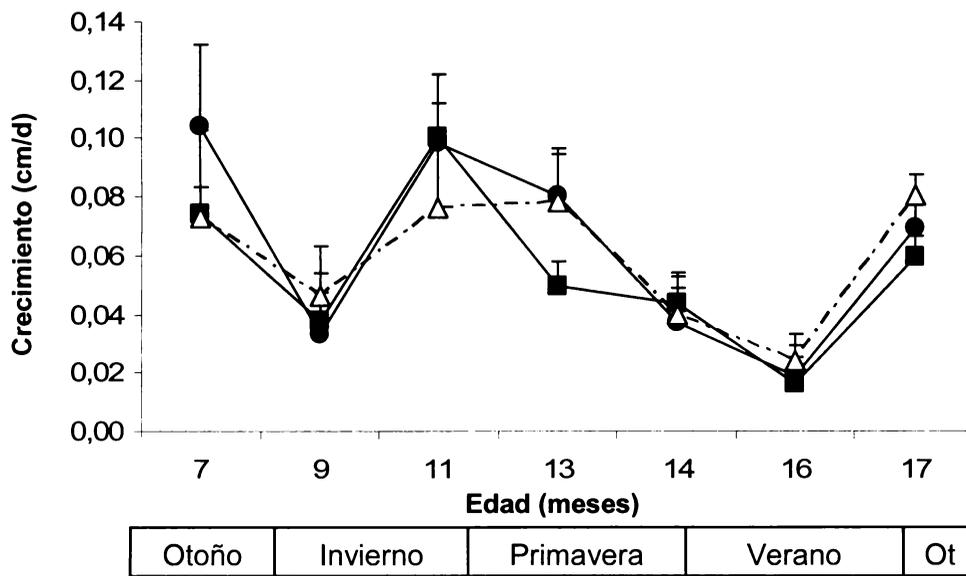


Figura 10- Evolución del crecimiento en terneras sometidas a diferentes planos nutricionales de los 2 a 5 meses de edad. Grupo en plano alto (destetado a los 5 meses y suplementado, ■); Grupo en plano medio (destetado a los 5 meses no suplementado, △); Grupo en plano bajo (destetado a los 2 meses, ●). Ot= Otoño.

A los cinco meses de edad, las terneras suplementadas al pie de la madre tuvieron un fraeme de $4,7 \pm 0,13$, mayor al de los otros dos grupos, destete a los 2 meses ($3,8 \pm 0,13$) y destete a los 5 meses no suplementadas ($3,9 \pm 0,14$; $P < 0,001$). Esta diferencia se fue haciendo menor hacia los 18 meses de edad, aunque se mantuvo la significancia estadística a favor del grupo en plano alto ($P < 0,05$). Los valores de fraeme a los 18 meses de edad fueron de $4,6 \pm 0,13$ para el grupo suplementado al pie de la madre, $4,1 \pm 0,13$ para el grupo destetado a los 2 meses y $4,2 \pm 0,14$ para el grupo destetado con 5 meses no suplementado. No hubo diferencias entre los grupos de plano bajo y medio de nutrición ($P > 0,05$).

8.2.5. Evolución del tamaño folicular

En la Figura 11 se puede observar que el tamaño folicular fue aumentando con la edad de las terneras ($P < 0,001$), y el plano nutricional entre los 2 a 5 meses de edad modificó esa evolución ($P < 0,001$). Las terneras destetadas a los 5 meses y suplementadas al pie de la madre presentaron folículos dominantes de mayor diámetro ($P < 0,05$) entre los 10 y 15 meses comparadas con las que no recibieron suplemento al pie de la madre y las destetadas a los 2 meses (Figura 11). En la figura 11 se dejó de tener en cuenta el tamaño folicular de cada animal a partir del momento en que se visualizó un cuerpo lúteo en la superficie del ovario.

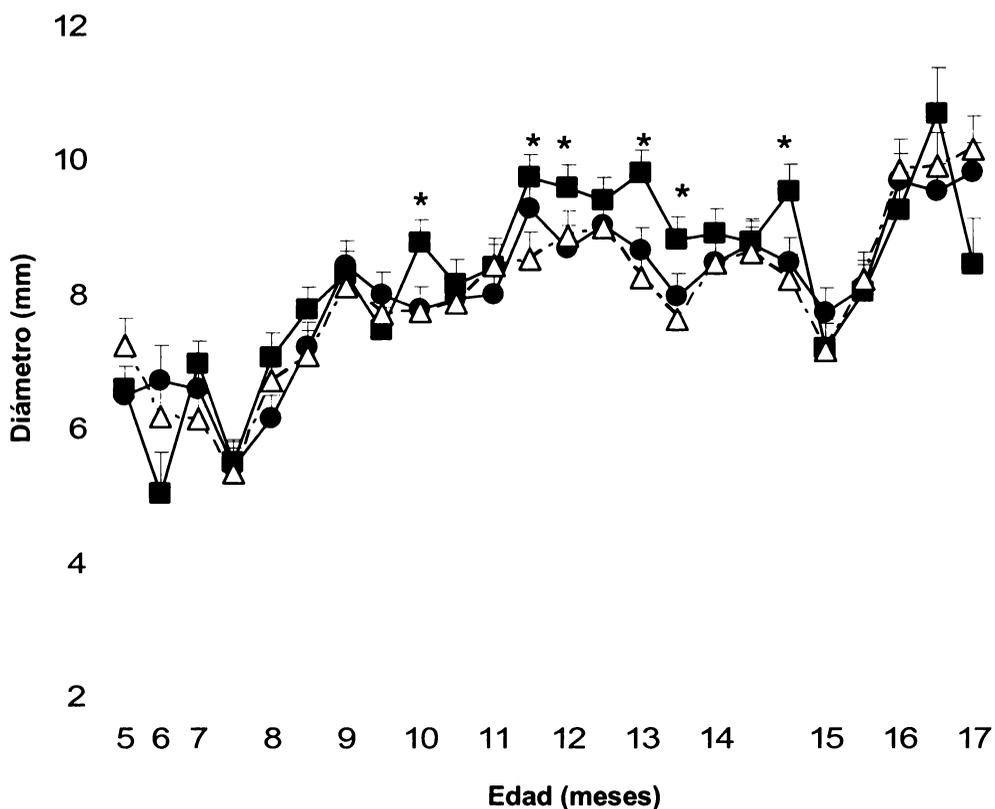


Figura 11- Evolución del tamaño folicular en terneras sometidas a diferentes planos nutricionales de los 2 y 5 meses de edad, evaluando solo los folículos dominantes (F1). Grupo en plano alto (destetado a los 5 meses y suplementado, ■); Grupo en plano medio (destetado a los 5 meses no suplementado, △); Grupo en plano bajo (destetado a los 2 meses, ●). *= indica diferencias significativas entre grupos.

8.2.6. Pubertad

El grupo que alcanzó mayor porcentaje de terneras ciclando a los 18 meses de edad fue el de terneras que recibieron el plano nutricional alto en relación a las terneras que recibieron el plano bajo ($P < 0,05$) y tendió a diferir de las que recibieron el plano nutricional medio ($P = 0,06$: Cuadro V). La diferencia en el porcentaje de animales ciclando se asoció con una diferencia de 24 y 25 kg de peso vivo a favor de las terneras en plano alto, respecto a las terneras de plano medio y bajo, que fueron similares entre ellas (Cuadro V).

Cuadro V- Peso vivo, altura de anca y frecuencia de animales ciclando a los 18 meses de edad en terneras sometidas a diferentes planos de nutrición entre los 2 y 5 meses de edad.

Plano nutricional	Peso vivo (kg)	Altura anca (cm)	Ciclicidad (%)
Alto	314±6 ^a	122±0,6 ^a	13/17 (76) ^a
Medio	290±6 ^b	120±0,6 ^b	6/14 (43) ^{ab}
Bajo	289±6 ^b	119±0,4 ^b	5/16 (31) ^b

Plano alto: suplementación ad libitum al pie de la madre entre los 2-5 meses. Plano medio: al pie de la madre sin suplementación. Plano bajo: destete a los 2 meses y suplementación al 1,5% PV hasta los 5 meses. ^a vs ^b P<0,05, ^a vs ^{ab} P=0,06

Los animales que manifestaron pubertad tendieron (P=0,06) a tener una tasa de ganancia superior (0,897 g/día) en el período de alimentación diferencial frente a los que no la manifestaron (0,8 g/día).

Considerando solo las terneras ciclando de cada grupo al finalizar el ensayo (Cuadro VI) podemos observar que las terneras destetadas con 5 meses y suplementadas al pie de la madre, manifestaron la pubertad antes que las terneras destetadas a los 2 meses (P<0,05) y tendieron a manifestar antes la pubertad que las terneras destetadas con 5 meses no suplementadas (P=0,06). Sin embargo, el peso a la pubertad fue similar entre grupos.

Cuadro VI- Solo terneras ciclando de cada grupo al final del ensayo, sometidas a diferentes planos nutricionales entre los 2 y 5 meses de edad. Peso vivo y edad al momento de alcanzar la pubertad.

Plano nutricional	n	Peso vivo (kg)	Edad (meses)
Alto	13	275±7 ^a	15,4±0,3 ^a
Medio	6	261±7 ^a	15,9±0,2 ^{ab}
Bajo	5	283±15 ^a	16,5±0,5 ^b

n= número de animales ciclando. Plano alto: suplementación ad libitum al pie de la madre entre los 2-5 meses. Plano medio: al pie de la madre sin suplementación. Plano bajo: destete a los 2 meses y suplementación al 1,5% PV hasta los 5 meses. ^a vs ^b P<0,05, ^a vs ^{ab} P=0,06

9. DISCUSIÓN

La hipótesis de que terneras Hereford alimentadas en un plano nutricional alto entre los 2 y 5 meses de edad, tienen un mayor peso a los 5 meses y la ventaja en el desarrollo corporal determina que manifiesten la pubertad antes que terneras alimentadas en planos nutricionales medio y bajo fue confirmada.

Los diferentes planos nutricionales implementados entre los 2 y 5 meses de edad permitieron lograr una mayor tasa de ganancia por parte de las terneras destetadas a los 5 meses y suplementadas al pie de la madre (plano alto); lo que redundó en que alcanzaran mayor peso vivo y tamaño corporal al momento de destete definitivo con respecto a los grupos en plano medio y bajo. A pesar de que la diferencia lograda disminuyó en su magnitud se pudo visualizar hasta los 18 meses de edad; esto es debido a que las ganancias de peso durante el período de alimentación conjunta fueron muy variables pero similares entre los tres grupos. Las terneras suplementadas al pie de la madre lograron llegar a la pubertad a una menor edad que las no suplementadas y las destetadas a los 2 meses.

La tasa de ganancia lograda por las terneras destetadas a los 5 meses y suplementadas al pie de la madre (1 kg/día), respecto a las terneras no suplementadas al pie de la madre (0,7 kg/día) y las terneras destetadas a los 2 meses (0,6 kg/día), permitieron lograr diferentes pesos al momento del destete. Las terneras suplementadas eran 31 kg más pesadas que las no suplementadas al pie de la madre y 36 kg más pesadas que las destetadas a los 2 meses. Estos resultados se pueden comparar a los obtenidos por Holloway y Totusek (1973a), quienes implementaron tres planos nutricionales predestete con terneras Hereford: 1- plano bajo destetado a los 140 días, 2- plano medio destetado a los 240 días y 3- plano alto suplementado desde los 2 meses y destetado a los 240 días (8 meses); el plano alto tuvo una diferencia de 15,9 kg con el plano medio y de 48,7 kg con el plano bajo a los 240 días de edad. Si bien el destete fue más tardío que en nuestro ensayo, en los dos se puede observar importantes diferencias de peso entre grupos.

En el presente ensayo las terneras suplementadas al pie de la madre lograron $177 \pm 4,1$ kg a los 5 meses de edad. Los rodeos de cría en el Basalto se caracterizan por lograr bajos pesos al destete (140 a 160 kg), debido a que normalmente el período exponencial de crecimiento de los terneros ocurre en los meses más críticos en esta región (de diciembre a febrero). Para varios autores gran parte de los ingresos de la unidad vaca-ternero en la industria cárnica son altamente dependientes de la producción de terneros con altos pesos al destete (Bagley, 1993; Patterson et al., 1992), por lo que suplementar a los terneros al pie de la madre puede ser una alternativa para poder cubrir los requerimientos del ternero y aumentar un indicador tan importante como lo es el peso al destete (Martin et al., 1981; Holloway y Totusek., 1973a).

Terneras alimentadas a un plano nutricional más alto, tuvieron una mayor tasa de crecimiento. Las terneras suplementadas al pie de la madre tenían al momento del destete una altura de anca superior (4 cm) a las terneras no suplementadas y a las destetadas a los 2 meses (7 cm). Los animales al ser destetados deben lograr un peso relativamente alto, además de un adecuado tamaño y muscularidad, y contener

una cantidad adecuada, pero no excesiva, de grasa corporal (Bagley, 1993). Cambios en los patrones de crecimiento van a influenciar más el desarrollo tardío de los tejidos que el desarrollo temprano de estos (Holloway y Totusek., 1973a), por lo tanto, diferentes planos nutricionales pueden resultar en animales de similar edad cronológica pero mayor estado de madurez fisiológica (Berge, 1991; Martin et al., 1981).

Luego del destete, los animales fueron sometidos al mismo plano nutricional, en base a diferente tipo de forraje. La disponibilidad y composición botánica de la pastura fue variable durante la etapa de alimentación conjunta, con picos de disponibilidad y calidad de la pastura (porcentaje de gramíneas y leguminosas) en primavera; esto permitió que las terneras tuvieran mayores tasas de ganancia en éste período (0,768 kg/día). Las tasas de ganancia fueron bajas en otoño e invierno (0,136 kg/día y 0,280 kg/día respectivamente), registrándose un período de pérdida de peso que coincide con la etapa pos-destete definitivo. La menor calidad de forraje se observó a fines de la primavera y en verano, con un gran porcentaje de restos secos (período de seca intensa). En ésta etapa se registraron 5 momentos de pérdida de peso, aunque en promedio, las terneras ganaron más que en otoño-invierno (0,369 kg/día), producto de la suplementación energética y proteica. Estos resultados concuerdan con los reportados por otros autores, quienes remarcan la gran variabilidad en cantidad y calidad de forraje en el campo natural y campo natural mejorado en nuestras condiciones de explotación, y sus consecuencias sobre la tasa de ganancia durante la recría (Quintans, 2008; Quintans y Roig, 2008).

Estas variaciones observadas en la pastura a lo largo del ensayo fue lo que provocó que tanto la tasa de ganancia de peso como la tasa de crecimiento fueran tan variables en el tiempo pero se mantuvieran similares entre los grupos; por lo cual al final del ensayo las terneras destetadas a los 5 meses y suplementadas al pie de su madre continuaban siendo 24 y 25 kg más pesadas que las no suplementadas y las destetadas a los 2 meses, respectivamente. El valor de frame para los 3 grupos estuvo dentro de los rangos esperados para la categoría vaquillonas tanto a los 5 como a los 18 meses, según lo establecido por Dolezal y Coe (1996); pero manteniendo siempre una diferencia significativa a favor de las terneras suplementadas entre los 2 y 5 meses. Si bien la diferencia de peso, de altura y de frame a los 18 meses continuaba siendo significativa hubo una reducción en la magnitud, lo que nos habla de que en cierta medida los planos más bajos realizaron un crecimiento compensatorio.

Pacola et al. (1977) citado por Brito et al. (2002), observó que el grupo suplementado durante el amamantamiento, a los 7 meses era 27,1 Kg más pesado que el control y a los 20 meses mantenían 17 kg de diferencia, por lo que concluyó que la influencia de la suplementación persiste hasta los 18 meses de edad. Algo similar ocurrió en el ensayo de Bavera (1995), quien encontró que en los casos en que se suspende la suplementación al destete, pero los terneros tienen acceso a buenas pasturas (que permitan ganancias de por lo menos 0,5 kg/día), la diferencia al destete se mantiene o aumenta frente a los testigos hasta la terminación.

Por otro lado, Holloway y Totusek (1973a) observan que la diferencia de peso vivo marcada por los diferentes tratamientos nutricionales a los 8 meses decreció gradualmente hasta los 3 años, siendo la compensación más importante observada

entre los 8 meses y el año de edad. El hecho de que los efectos de los tratamientos predestete desaparecieron con el tiempo indica que ocurrió crecimiento compensatorio por parte de los animales que estaban en planos de nutrición medio y bajo. Martin et al. (1981), quienes realizaron durante 10 años creep feeding entre los 4 y 7 meses de edad, y permitieron ganancias de 0,5 kg/día luego del destete, observaron que al destete las terneras que recibieron creep feeding fueron 10 kg más pesadas que las del grupo control, pero las ganancias posdestete fueron 0,11 kg/día inferiores para las del grupo suplementado, por lo que al año de edad las del grupo control tenían 7 kg más que las terneras suplementadas.

Los resultados del presente ensayo coinciden con otros autores en que los terneros tienen solo una limitada capacidad de compensar las pérdidas en el período de crecimiento exponencial. La magnitud de la compensación del crecimiento es proporcional a la intensidad de la restricción previa; generalmente la compensación es más rápida cuando la duración de la restricción es corta y no es muy severa (Hornick et al., 2000; Berge, 1991). Esto ocurrió con todas las terneras de este ensayo que en cierta forma estuvieron restringidas luego del destete definitivo, como lo demuestran las menores tasas de ganancia logradas respecto al período de alimentación diferencial. Esto determinó que todas las terneras mostraran un crecimiento compensatorio en la primavera, luego de la restricción nutricional de otoño-invierno. Sin embargo, no sucede lo mismo en el caso de las restricciones alimenticias tempranas, como en la fase de amamantamiento; las pérdidas en el crecimiento impuestas antes del destete son las menos probables de ser compensadas (Berge, 1991).

A los 18 meses de edad, el grupo que había alcanzado mayor cantidad de animales ciclando era el de las terneras destetadas a los 5 meses y suplementadas (76%) en comparación con el grupo no suplementado (43%) y el destetado a los 2 meses (31%). Esta diferencia en el porcentaje de ciclicidad se asoció con la diferencia de peso lograda por el grupo en plano alto de nutrición predestete en relación a los planos medio y bajo. Yelich et al. (1996), utilizó una nutrición diferencial entre los 9 y 12 meses de edad y encontró que un aumento en la ganancia diaria resultó en vaquillonas más jóvenes pero de similar peso vivo y condición corporal a la pubertad que vaquillonas con menores ganancias diarias. Un manejo similar realizó Romano et al. (2007), suplementando vaquillonas Nelore a partir de los 6 meses con dietas altas y bajas en energía; los animales manifestaron pubertad a los $17 \pm 0,5$ meses y a los $19,9 \pm 0,5$ meses respectivamente pero no tuvieron diferencias significativas de peso. En el ensayo de Gasser et al. (2006a), las terneras se destetaron temprano (99 días) y luego se aplicó un plano muy alto y otro bajo de nutrición, pudiéndose observar que las terneras suplementadas eran más jóvenes y más livianas a la pubertad que el grupo control. Esto concuerda con los resultados obtenidos por otros autores nacionales quienes observaron en diversos ensayos que los animales que tienen un nivel nutricional superior, ya sea predestete (Pittaluga y Rovira, 1968) o posdestete logran una pubertad más precoz (Quintans, 2008).

En el presente ensayo la menor edad a la pubertad no está necesariamente relacionada con mayor peso al momento de manifestarla. Según Wiltbank et al. (1966), el peso parece ser solo uno de los factores limitantes en determinar la edad a la pubertad; después de que un cierto peso crítico es alcanzado, variaciones en la ganancia diaria tienen poco o no tienen efecto sobre la edad a la pubertad

(Ormazabal et al.,1996). Aunque algunos autores han propuesto que el inicio de la pubertad no depende de alcanzar un peso crítico, sino que consideran la composición corporal mas importante que el peso "per se" (Ormazabal et al.,1996).

Se pudo observar que las terneras en plano alto predestete alcanzaron antes la pubertad ($15,4\pm 0,3$ meses) que las terneras en plano bajo ($16,5\pm 0,5$ meses) y tendieron a alcanzarla antes que las del plano medio ($15,9\pm 0,2$ meses). Varios estudios anteriores afirman que las vaquillonas alcanzan la pubertad más jóvenes cuando tuvieron mejores pesos vivos al destete o aumentaron su tasa de crecimiento desde el nacimiento al destete o ambos (Roberts, 2009; Ormazabal et al., 1996; Patterson et al., 1992; Arije y Wiltbank, 1971; Wiltbank et al., 1966). Varios autores citados por Patterson et al. (1992), señalan que la tasa de crecimiento predestete ejerce una mayor influencia sobre la pubertad que la tasa de crecimiento postdestete. Parece ser que la manipulación durante el desarrollo temprano en vaquillonas puede alterar la maduración sexual debido a que muchos cambios morfológicos y endocrinos ocurren durante este período (Honaramooz et al., 1999; Day y Anderson, 1998).

Los animales que al finalizar el ensayo habían manifestado pubertad tendieron a tener una tasa de ganancia superior ($0,897$ g/día) en el período de alimentación diferencial frente a los que no la manifestaron ($0,8$ g/día). Similares resultados obtuvo Ormazabal et al. (1996), las ganancias logradas desde el nacimiento al destete fueron $0,72$ y $0,61$ kg/día para las vaquillonas que alcanzaron la pubertad y las que no la alcanzaron respectivamente; por lo tanto, las terneras que tienen mayor ritmo de crecimiento desde el nacimiento al destete alcanzan la pubertad con menor edad.

A lo largo del ensayo se pudo observar que el diámetro del folículo mayor fue aumentando con la edad de las terneras. Evans et al. (1994), observó que el aumento mas marcado en el diámetro máximo y número total de folículos ocurrió entre las 2 y 14 semanas de vida. Como este período coincide con una alta secreción de gonadotrofinas, el autor especula que el aumento en la secreción de gonadotrofinas en terneras prepuberes jóvenes estimula un aumento en la actividad folicular, y ayuda a alcanzar una ciclicidad ovárica organizada que persistirá por toda la vida reproductiva. De todas maneras Evans et al. (1994) y Bergfeld et al. (1994), coinciden en que el tamaño del folículo dominante aumenta gradualmente todo el tiempo y la duración de la onda folicular tiende a aumentar entre las 2 y 34 semanas de edad.

A pesar de que las tasas de ganancia y crecimiento fueron similares entre grupos, las terneras suplementadas al pie de la madre tuvieron un mayor tamaño folicular entre los 10 y 15 meses de edad. Romano et al. (2007) y Bergfeld et al. (1994), encontraron que a la misma edad cronológica los folículos dominantes de las vaquillonas que estaban en plano bajo eran de menor tamaño que en las de plano alto. Sin embargo, no hubo diferencia en el tamaño del folículo dominante entre dietas cuando se comparó a los 30, 60, 90 y 120 días previos a la pubertad (edad fisiológica). Los eventos que ocurren a la maduración fueron similares en los dos grupos de vaquillonas, pero las alimentadas con menor nivel energético mostraron un retraso en la maduración sexual (Bergfeld et al., 1994). Los períodos en que se observa una caída en el tamaño folicular coinciden con los periodos en que hubo

pérdida de peso vivo; osea que este déficit nutricional puede estar relacionado a una caída en el nivel de hormonas metabólicas y metabolitos (insulina, leptina, IGF-I y glucosa), y que esto haya repercutido en el desarrollo folicular.

El tamaño folicular mayor estuvo asociado con una pubertad más precoz en las terneras del grupo destetado a los 5 meses y suplementado al pie de la madre, respecto a las terneras destetadas a los 2 meses. A sido demostrado que la edad y el peso a la pubertad son afectados por el nivel de nutrición; es preferible que las vaquillonas alcancen la pubertad uno o dos ciclos estrales antes de que comience el periodo de entore, y dicho periodo para las vaquillonas debería comenzar por lo menos 21 días antes que para las hembras adultas. Esta diferencia de tiempo permitirá en general alargar el intervalo interparto en vacas primíparas en relación a las vacas adultas (Bagley, 1993). Por lo tanto, la nutrición a edades tempranas tiene un impacto positivo sobre la performance reproductiva de por vida de las terneras.

Un aspecto importante a tener en cuenta es la metodología utilizada para detectar la pubertad. En la mayoría de la bibliografía consultada lo hacían por medio de la medición de los niveles sanguíneos de progesterona asociado o no al examen ultrasonográfico de las estructuras ováricas. Varios autores consideran las vaquillonas púberes cuando han alcanzado una concentración plasmática de progesterona de 1 ng/ml en 2 muestras consecutivas (Bergfeld et al., 1994), o >1 ng/ml en 3 muestras consecutivas (Romano et al., 2007), por citar algunos ejemplos. Y/o la visualización por ecografía de un cuerpo lúteo en la superficie del ovario, que según el objetivo de cada ensayo puede variar en la frecuencia de su realización. En nuestro ensayo detectamos la pubertad solo realizando ecografías ováricas cada 14 días y consideramos que esta frecuencia puede no ser suficiente para poder visualizar todos los cambios morfológicos que pueden ocurrir en el comienzo de los ciclos estrales.

Evans et al. (1994), que realizó suplementación de las terneras desde el destete (6,5 meses) hasta la pubertad (13,2 meses) observó que todas las vaquillonas presentaron una fase luteal inicial corta, de 7 días o menos. Bergfeld et al. (1994), observó que 3 de las 5 vaquillonas en un plano energético alto presentaron una fase luteal de menor duración luego de la primera ovulación ($12 \pm 3,34$ días) y 1 de las 5 vaquillonas presentó un ciclo estral con una fase luteal prolongada (34 días). Ninguno de los animales en plano bajo tuvieron fases luteales de duración anormal, y la concentración de progesterona fue similar para todas las vaquillonas (Bergfeld et al., 1994). Para Ryan et al. (1991), la primera elevación en la secreción de progesterona durante la maduración sexual de la oveja puede ser debido a una fase luteal de duración "normal" o una o más fases luteales cortas antes de la primera fase luteal completa, en las cuales el aumento en la concentración de progesterona es de menor amplitud y menor duración.

Existen varias hipótesis sobre la etiología y función de los ciclos estrales cortos que aún son inciertas, pero se sabe que es común que ocurran cuando las vaquillonas están comenzando a ovular. Sin embargo en el ensayo de Bergfeld et al. (1994), ninguna de las vaquillonas en plano bajo de nutrición presentaron ciclos cortos luego de la ovulación. Por esto, es válido argumentar que el consumo de dietas altas en energía puede llevar a que se acelere el desarrollo de los eventos de maduración y se produzca un ciclo estral anormal, mas corto; debido a que junto con el desarrollo

del folículo dominante y aumento del estradiol, se da un crecimiento mas rápido del útero y secreción anormal de prostaglandina F2 α por parte de éste, que provocaría la regresión temprana del cuerpo lúteo (Bergfeld et al., 1994).

10. CONCLUSIONES

Un alto plano nutricional entre los 2 y 5 meses de vida permite lograr un mejor peso y tamaño de las terneras a los 5 meses. A pesar de que la tasa de ganancia luego del destete definitivo fue muy variable debido a la variabilidad de la pastura disponible, la diferencia en tamaño corporal lograda por las terneras del plano alto a los 5 meses, se mantuvo hasta los 18 meses de edad. Las vaquillonas suplementadas al pie de la madre desarrollaron folículos dominantes de mayor tamaño, y alcanzaron la pubertad a una menor edad; lo que se debió básicamente al tratamiento diferencial durante las etapas tempranas de la vida.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Adams, G.P.; Matteri, R.L.; Kastelic, J.P.; Ko, J.C.H.; Ginther, O.J. (1992). Association between surges of follicle-stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. *J. Reprod. Fertil.*; 94:177-188.
2. Arije, J.L.; Wiltbank, J.N. (1971). Age and weight at puberty in Hereford heifers. *J. Anim. Sci.*; 33:401-406.
3. Bagley, C.P. (1993). Nutritional management of replacement beef heifers: a review. *J. Anim. Sci.*; 71:3155-3163.
4. Bavera, G.A. (1995). Producción bovina de carne. Suplementación del rodeo de cría. Cargill S.A.C.I., División Nutrición Animal. Bs.As., separata 1; p.20.
5. Berge, P. (1991). Long-term effects of feeding during calfhood on subsequent performance in beef cattle (a review). *Livest. Prod. Sci.*; 28: 179-201.
6. Bergfeld, E.G.M.; Kojima, F.N.; Cupp, A.S.; Wehrman, M.E.; Peters, K.E.; Garcia-Winder, M.; Kinder, J.E. (1994). Ovarian Follicular Development in Prepubertal Heifers Is Influenced by Level of Dietary Energy Intake. *Biol. Reprod.*; 51:1051-1057.
7. Bó, G.A.; Bergfeld, D.R.; Mapletoft, R.J. (1996). Manipulación de la dinámica folicular en el ganado bovino: Su aplicación en programas de transferencia de embriones. Resúmenes, 2º Simposio Internacional de Reproducción Animal. Carlos Paz, Córdoba; 1:53-68.
8. Boland, M.P.; Lonergan, P.; O'Callaghan, D. (2001). Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryo development. *Theriogenology*; 55:1323-1340.
9. Bonnet, M.; Faulconnier, Y.; Leroux, C.; Jurie, C.; Cassar-Malek, I.; Bauchart, D.; Boulesteix, P.; Pethick, D.; Hocquette, J.F.;Chilliard, Y. (2007). Glucose-6-phosphate dehydrogenase and leptin are related to marbling differences among Limousin and Angus or Japanese Black x Angus steers. *J. Anim. Sci.*; 85:2882-2894.
10. Borges, A.M.; Torres, C.A.A.; Ruas, J.R.M.; Rocha Júnior, V.R.; Carvalho, G.R. (2001). Dinâmica folicular ovariana em novilhas mestiças Holandês-Zebu. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*; 53(5):595-604.
11. Brito, G.; Risso, D.; Olmos, F.; Zarza, A. (1995). Registro de pastoreo de *Orhithopus compresus* vs. "Encantada". INIA Serie de Actividades de Difusión 65:24-26.
12. Brito, R.M.; Sampaio, A.A.M.; Cruz, G.M.; Alencar, M.M.; Barbosa, P.F.; Barbosa, R.T. (2002). Comparação de sistemas de avaliação de dietas para

bovinos no modelo de produção intensiva de carne II – Creep feeding. R. Bras. Zootec.; 31(2):102-110 (suplemento).

13. Butler, W.R. (2003). Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Lives. Prod. Sci.*; 83:211–218.
14. Casal, A.; Graña, A.; Gutiérrez, V.; Carriquiry, M.; Espasandín, A. (2009). Curvas de lactancia y composición de leche en vacas primíparas Hereford, Angus y sus respectivas cruas. XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay. p.179-180.
15. Day, M.L.; Anderson, L.H. (1998). Current Concepts on the Control of Puberty in Cattle. *J. Anim. Sci.*; 76:1-15.
16. Day, M.L.; Imakawa, K.; Zalesky, D.D.; Kittok, R.J.; Kinder, J.E. (1986). Effects of restriction of dietary energy intake during the prepubertal period on secretion of luteinizing hormone and responsiveness of the pituitary to luteinizing hormone-releasing hormone in heifers. *J. Anim. Sci.*; 62:1641-1648.
17. de Castro, T.; Ibarra, D.; Valdez, L.; Lapitz, L.; Benquet, N.; García Lagos, F.; Farro, G.; Lanzeri, S. (2004). Does early weaning influence age at puberty in beed heifers? *Animal Reproduction Science. Research and Practice III. 15th International Congress on Animal Reproduction* 82-83.
18. Dolezal, S.L.; Coe N. (1996). Hip height and fraeme score determination. Disponible en: <http://osufacts.okstate.edu>. Fecha de consulta: 19/9/2010.
19. Espasandín, A.C.; Franco, J.; Oliveira, G.; Bentancour, O.; Gimeno, D.; Pereyra, F.; Rogberg, M. (2006). Impacto productivo y económico del uso de cruzamiento entre las razas Hereford y Angus en Uruguay. XXXIV Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay. p.41-51.
20. Evans, A.C.O.; Adams, G.P.; Rawlings, N.C. (1994). Follicular and hormonal development in prepubertal heifers from 2 to 36 weeks of age. *J. Reprod. Fertil.*; 102(2):463-470.
21. Garcia, M.R.; Amstalden, M.; Morrison, C.D.; Keisler, D.H.; Williams, G.L. (2003). Age at puberty, total fat and conjugated linoleic acid content of carcass, and circulating metabolic hormones in beef heifers fed a diet high in linoleic acid beginning at four months of age. *J. Anim. Sci.*; 81,(1):261-268.
22. Gasser, C.L.; Grum, D.E.; Mussard, M.L.; Fluharty, F.L.; Kinder, J.E.; Day, M.L. (2006a). Introduction of precocious puberty in heifers I: Enhanced secretion of luteinizing hormone. *J. Anim. Sci.*; 84:2035-2041.
23. Gasser, C.L.; Bridges, G.A.; Mussard, M.L.; Grum, D.E.; Kinder, J.E.; Day, M.L. (2006b). Introduction of precocious puberty in heifers III: Hastened reduction of estradiol negative feedback on secretion of luteinizing hormone. *J. Anim. Sci.*; 84:2050-2056.

24. Gayo, J. (2003). Destete precoz. *Revista Plan Agropecuario*; 108:40-42.
25. Greer, R.C.; Whitman, R.W.; Staigmiller, R.B.; Anderson, D.C. (1983). Estimating the impact of management decisions on the occurrence of puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.*; 56:30-39.
26. Gregory, K.E.; Swiger, L.A.; Koch, R.M.; Sumption, L.J.; Ingalls, J.E.; Rowden, W.W.; Rothlisberger, J.A. (1966a). Heterosis effects on growth rate of beef heifers. *J. Anim. Sci.*; 25:290-298.
27. Gregory, K.E.; Swiger, L.A.; Sumption, L.J.; Koch, R.M.; Ingalls, J.E.; Rowden, W.W.; Rothlisberger, J.A. (1966b). Heterosis effects on carcass traits of beef steers. *J. Anim. Sci.*; 25:311-322.
28. Hafez, E.S.E. (1996). *Reproducción e inseminación artificial en animales. México, Interamericana McGraw-Hill, 542 p.*
29. Holloway, J.W.; Totusek, R. (1973a). Relationship between preweaning nutritional management and the growth and development of Angus and Hereford females. *J. Anim. Sci.*; 37:800-806.
30. Holloway, J.W.; Totusek, R. (1973b). Relationship between preweaning nutritional management and subsequent performance of Angus and Hereford females through three calf crops. *J. Anim. Sci.*; 37:807-812.
31. Honaramooz, A.; Chandolia, R.K.; Beard, A.P.; Rawlings, N.C. (1999). Effects of season of birth on the prepubertal pattern of gonadotropin secretion and age at puberty in beef heifers. *Theriogenology*; 52:67-79.
32. Hornick, J.L.; Van Eenaeme, C.; Ge´rard, O.; Dufrasne, I.; Istasse, L. (2000). Mechanisms of reduced and compensatory growth. *Dom. Anim. Endoc.*; 19:121-132.
33. Jiménez de Aréchaga, C.; Quintans, G. (2006). Control del amamantamiento en vacas de primera cría. 30 años de investigación en suelos de areniscas. *INIA Serie Técnica 159:103-120.*
34. Kinder, J.E.; Day, M.L.; Kittok, R.J. (1987). Endocrine regulation of puberty in cows and ewes. *J. Reprod. Fertil.*; 34:167-186.
35. Lacuesta, P.; Vazquez, A.I.; Quintans, G. (2000). Destete precoz en vacas de primera cría con diferente condición corporal al parto. *Producción animal: Unidad Experimental Palo a Pique. INIA Serie de Actividades de Difusión 225:52-57.*
36. Laster, D.B.; Glimp, H.A.; Gregory, K.E. (1972). Age and weight at puberty and conception in different breeds and breed-crosses of beef heifers. *J. Anim. Sci.*; 34:1031-1036.

37. Maquivar, M.; Galina, C.S. (2009). Factors Affecting the Readiness and Preparation of Replacement Heifers in Tropical Breeding Environments. *Reprod. Dom. Anim.*; 10:1111-1116.
38. Marson, E.P.; Guimaraes, J.D.; Miranda Neto, T. (2004). Puberty and sexual maturity in beef heifers. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*; 28(1):3-12.
39. Martin, T.G.; Lemenager, R.P.; Srinivasan, G.; Alenda, R. (1981). Creep feed as a factor influencing performance of cows and calves. *J. Anim. Sci.*; 53(1):33-39.
40. Melvin, E.J.; Lindsey, B.R.; Quintal-Franco, J.; Zanella, E.; Fike, K.E.; Van Tassell, C.P.; Kinder, J.E. (1999). Circulating Concentrations of Estradiol, Luteinizing Hormone, and Follicle-Stimulating Hormone during Waves of Ovarian Follicular Development in Prepubertal Cattle. *Biol. Reprod.*; 60:405-412.
41. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. DICEA (2009). Anuario Estadístico. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,85,O,S,0,MNU;E;27;5;MNU>. Fecha de consulta: 10/8/2010.
42. Ormazabal, J.J.; Osoro, K.; Martínez, A. (1996). Efecto de los niveles de crecimiento y la presencia del toro en la edad a la pubertad en las novillas de razas Asturiana de los Valles. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.*; 11(3):201-213.
43. Patterson, D.J.; Perry, R.C.; Kiracofe, G.H.; Bellows, R.A.; Staigmiller, R.B.; Corah, L.R. (1992). Management considerations in heifer development and puberty. *J. Anim. Sci.*; 70:4018-4035.
44. Pigurina, G.; Soares De Lima, J.M.; Berretta, E.J.; Montossi, F.; Pittaluga, O.; Ferreira, G.; Silva, J.A. (1998). Características del engorde a campo natural. Seminario de actualización en tecnologías para Basalto. INIA Serie Técnica 102:137-145.
45. Pittaluga, O.; Rovira, J. (1968). Influencia del nivel nutricional predestete sobre el crecimiento y pubertad de terneras Hereford. *Bol. Est. Exp. Paysandú*; 5(2):68-78.
46. Quintans, G. (2008). Algunas estrategias para disminuir la edad al primer servicio en vaquillonas. Seminario de actualización técnica: Cría vacuna. INIA Serie Técnica 174:53-55.
47. Quintans, G.; Roig, G. (2008). Principales factores que afectan la aparición de la pubertad en vaquillonas de razas carniceras. Seminario de actualización técnica: Cría vacuna. INIA Serie Técnica 174:56-58.
48. Quintans, G.; Velazco, J.I.; Roig G. (2008). Servicio de vaquillonas en otoño a los 20 meses de edad (Resultados preliminares). Seminario de actualización técnica: Cría vacuna. INIA Serie Técnica 174:90-98.

49. Quintans, G. (2005). Control de Amamantamiento. Revista INIA; 5:9-11.
50. Quintans, G. (1994). Suplementación de terneras y vaquillonas con afrechillo de arroz desgrasado. Avances en la suplementación de la recría e invernada intensiva. INIA Serie Actividades de Difusión 34, 30p.
51. Roberts, A.J.; Geary, T.W.; Grings, E.E.; Waterman, R.C.; MacNeil, M.D. (2009). Reproductive performance of heifers offered ad libitum or restricted access to feed for a one hundred forty-day period after weaning. J. Anim. Sci.; 87:3043-3052.
52. Roberts, A.J.; Paisley, S.I.; Geary, T.W.; Grings, E.E.; Waterman, R.C.; MacNeil, M.D. (2007). Effects of restricted feeding of beef heifers during the postweaning period on growth, efficiency and ultrasound carcass characteristics. J. Anim. Sci.; 85:2740-2745.
53. Rodriguez, R.E.; Wise, M.E. (1989). Ontogeny of pulsatile secretion of gonadotropin-releasing hormone in the bull calf during infantile and pubertal development. Endocrinology; 124:248-256.
54. Romano, M.A.; Barnabe, V.H.; Kastelic, J.P.; de Oliveira, C.A.; Romano, R.M. (2007). Follicular Dynamics in Heifers during Pre-pubertal and Pubertal Period Kept under Two Levels of Dietary Energy Intake. Reprod. Dom. Anim.; 42(6):616-622.
55. Rovira, J. (1996). Manejo nutritivo de los rodeos de cria en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur, 288 p.
56. Ryan, K.D.; Goodman, R.L.; Karsch, F.J.; Legan, S.J.; Foster, D.L. (1991). Patterns of Circulating Gonadotropins and Ovarian Steroids during the First Perioovulatory Period in the Developing Sheep. Biol. Reprod.; 45:471-477.
57. Scaglia, G. (2004). Alimentación preferencial del ternero. INIA Boletín de Divulgación nº 83, 16 p.
58. Scaramuzzi, R.J.; Adams, N.R.; Baird, D.T.; Campbell, B.K.; Downing, J.A.; Findlay, J.K.; Henderson, K.M.; Martin, G.B.; McNatty, K.P.; McNeilly, A.S.; Tsonis, C.G. (1993). A model for follicle selection and the determination of ovulation rate in the ewe. Reprod. Fertil. Dev.; 5:459-478.
59. Schillo, K.K.; Hall, J.B.; Hileman, S.M. (1992). Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. J. Anim. Sci.; 70:3994-4005.
60. Simeone, A.; Beretta, V. (2008). Una década de investigación para una ganadería más eficiente. 10ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne. Paysandú, Uruguay. 54 p.
61. Simeone, A.; Beretta, V. (2002). Destete precoz en ganado de carne. Montevideo. Hemisferio Sur. 118 p.

62. Simeone, A.; Trujillo, A.I.; Córdoba, G.; Rodríguez, M. (1996). Performance reproductiva de vacas Hereford sometidas a destete precoz. 1er Congreso Uruguayo de Producción Animal, Montevideo, Uruguay. p.235-237.
63. Soares de Lima, J.M. (2009). Los sistemas de cría vacuna en el Uruguay, situación actual y oportunidades de superación. INIA Revista 20:19-20.
64. Spicer, L.J. (2003). The effect of leptin on ovarian steroidogenesis. En: Henson, M.C.; Castracane, V.D. Leptin and reproduction. New York, Kluwer, p.97-104.
65. Straumann, J.M.; Ayala, W.; Vázquez, A.I.; 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). Seminario de actualización técnica: Cría vacuna. INIA Serie técnica 174:59-63.
66. Ungerfeld, R. (2002). Reproducción en los animales domésticos. Tomo I. Montevideo. Melibea, 291 p.
67. Viñoles, C. (2009). Alimentación focalizada para aumentar la eficiencia reproductiva en rumiantes. 2º Congreso Internacional de Ciencias Veterinarias y Zootecnia. Puebla, México. p.1-16.
68. Viñoles, C.; Banchemo, G.; Quintans, G.; Perez-Clariget, R.; Soca, P.; Ungerfeld, R.; Bielli, A.; Fernández Abella, D.; Formoso, D.; Pereira Machín, M.; Meikle, A. (2009). Estado actual de la investigación vinculada a la Producción Animal Limpia, Verde y Ética en Uruguay. Agrociencia XIII; 3:59-79.
69. Viñoles, C. (2003). Effect of nutrition on follicle development and ovulation rate in the ewe. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences; 165:61p.
70. Viñoles, C. (2000). Some aspects on the effects of estrous synchronization treatments on ovarian dynamics in the cyclic ewe. Licentiate thesis, Swedish University of Agricultural Sciences ISBN 91-576-5979-6.
71. Wiltbank, J.N.; Gregory, K.E.; Swiger, L.A.; Ingalls, J.E.; Rothlisberger, J.A.; Koch, R.M. (1966). Effects of Heterosis on Age and Weight at Puberty in Beef Heifers. J. Anim. Sci.; 25:744-751.
72. Yelich, J.V.; Wettemann, R.P.; Marston, T.T.; Spicer, L.J. (1996). Luteinizing hormone, growth hormone, insulin-like growth factor-I, insulin and metabolites before puberty in heifers fed to gain at two rates. Dom. Anim. Endoc.; 13(4):325-338.