

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN SOBRE EL
CRECIMIENTO Y EDAD A LA PUBERTAD DE TERNERAS HEREFORD
DESTETADAS PRECOZMENTE

por

Sofía MARQUES HILL
María Noel REISSIG MUSACCO
Daniela RISI MENÉNDEZ

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2015

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Álvaro Simeone

Ing. Agr. Virginia Beretta

Med. Vet. Jorge Gil

Fecha:

28 de julio de 2015

Autor:

Sofía Marques Hill

María Noel Reissig Musacco

Daniela Risi Menéndez

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos, por acompañarnos a lo largo de todo este proceso.

A Diego Mosqueira y todos los funcionarios de la EEMAC por la ayuda y disposición.

A nuestros tutores Álvaro Simeone y Virginia Beretta por guiarnos en este trabajo.

A Oscar Bentancur por el asesoramiento en el análisis estadístico.

A Stefanía Pancini por su constante disposición.

A los profesores Jorge Gil y José Eduardo Blanc por su colaboración en la obtención de ciertas mediciones.

A nuestros compañeros y todos los que de alguna manera colaboraron para que este trabajo pudiera ser realizado.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>PUBERTAD</u>	3
2.1.1. <u>Definición</u>	3
2.1.2. <u>Mecanismos endócrinos desencadenantes de la pubertad</u>	4
2.2. <u>FACTORES QUE AFECTAN LA APARICIÓN DE LA PUBERTAD</u> ..	6
2.2.1. <u>Edad y peso</u>	6
2.2.2. <u>Nutrición</u>	8
2.2.2.1. <u>Composición de la dieta</u>	9
2.2.2.2. <u>Efecto del nivel nutricional en la secreción de hormonas reproductivas</u>	11
2.2.2.3. <u>Efecto del nivel nutricional en la secreción de hormonas metabólicas y metabolitos</u>	12
2.2.2.4. <u>Programación nutricional y su relación con la pubertad</u>	17
2.2.2.5. <u>Crecimiento compensatorio</u>	20
2.2.3. <u>Genética</u>	21
2.2.4. <u>Factores ambientales y bioestimulación</u>	22
2.3. <u>ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN PARA VAQUILLONAS DE REEMPLAZO</u>	25
2.4. <u>PERFORMANCE REPRODUCTIVA</u>	37
2.5. <u>HIPÓTESIS</u>	40
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	41
3.1. <u>LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL</u>	41
3.2. <u>INFORMACIÓN CLIMÁTICA</u>	41
3.3. <u>SUELOS</u>	41
3.4. <u>ANIMALES</u>	42
3.5. <u>INFRAESTRUCTURA</u>	42
3.6. <u>ALIMENTOS</u>	43
3.7. <u>TRATAMIENTOS</u>	44
3.8. <u>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</u>	45
3.8.1. <u>Período pre experimental</u>	45
3.8.2. <u>Período experimental</u>	46

3.9. MANEJO SANITARIO.....	46
3.10. DETERMINACIONES.....	47
3.10.1. <u>Pastura</u>	47
3.10.1.1. Biomasa de forraje disponible y remanente.....	47
3.10.1.2. Altura de forraje disponible y remanente.....	47
3.10.1.3. Calidad de forraje ofrecido y consumido.....	47
3.10.2. <u>Calidad de ración ofrecida y consumida</u>	48
3.10.3. <u>Determinaciones en el animal</u>	48
3.10.3.1. Peso vivo.....	48
3.10.3.2. Altura de anca y condición corporal.....	48
3.10.3.3. Utilización del forraje.....	48
3.10.3.4. Consumo de forraje.....	49
3.10.3.5. Consumo de ración.....	49
3.10.3.6. Pubertad.....	49
3.10.3.7. Preñez.....	51
3.11. ANÁLISIS QUÍMICO.....	51
3.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	51
4. <u>RESULTADOS</u>	55
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ALIMENTO.....	55
4.1.1. <u>Disponibilidad y composición de la pastura</u>	55
4.1.2. <u>Composición del alimento de corral</u>	56
4.2. CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO.....	57
4.2.1. <u>Evolución de peso y ganancia diaria</u>	57
4.2.2. <u>Altura de anca y condición corporal</u>	59
4.3. CONSUMO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN.....	61
4.4. DESARROLLO DEL TRACTO REPRODUCTIVO.....	62
4.5. EDAD Y PESO A LA PUBERTAD.....	63
4.6. PERFORMANCE REPRODUCTIVA.....	65
4.6.1. <u>Inseminación</u>	65
4.6.2. <u>Concepción</u>	66
5. <u>DISCUSIÓN</u>	68
5.1. EFECTO DEL MANEJO ESTIVAL E INVERNAL SOBRE EL DESARROLLO DE LAS TERNERAS.....	68
5.2. EDAD Y PESO A LA PUBERTAD.....	73
5.3. PERFORMANCE AL PRIMER ENTORE.....	76
5.4. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS.....	77
6. <u>CONCLUSIONES</u>	80
7. <u>RESUMEN</u>	81

8. <u>SUMMARY</u>	83
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	85
10. <u>ANEXOS</u>	103

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Edad y peso a la pubertad según distintas estrategias de alimentación ordenados cronológicamente (resumen de trabajos experimentales).....	26
2. Precipitaciones y temperaturas durante el período experimental (16/07/2014 al 06/03/2015).....	41
3. Ingredientes de la RTM ofrecida a las terneras en confinamiento durante el invierno.....	44
4. Manejo diferencial que recibieron terneras Hereford destetadas precozmente durante el verano e invierno.....	45
5. Descripción del score del tracto reproductivo.....	50
6. Disponibilidad (kgMS/ha) y altura (cm) de ingreso de las franjas semanales para los tratamientos pastoreando avena	55
7. Calidad de la avena ofrecida a las terneras que pastorearon este verdeo durante el invierno.....	56
8. Composición de alimentos suministrados a terneras en confinamiento durante el invierno.....	56
9. Efecto del manejo alimenticio durante verano e invierno sobre las ganancias diarias de peso estacionales (kg/día).....	57
10. Altura de anca (cm) y condición corporal promedio de terneras destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida.....	59
11. Efecto del manejo estival e invernal a pasto (P) o corral (C) sobre el consumo de materia seca (kg/an/día) invernal.....	61
12. Consumo de MS invernal y eficiencia de conversión invernal en terneras destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida absolutos por tratamiento.....	62
13. Composición de la avena muestreada a través de la técnica de Hand-clipping para cada tratamiento manejado a pasto durante el invierno.....	62
14. Edad y peso a la pubertad promedio de vaquillonas Hereford destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida.....	64
15. Proporción de vaquillonas inseminadas en los primeros 21, 42 y pasados los 42 días dentro del período de inseminación, según manejo estival e invernal.....	65
16. Porcentaje de preñez de vaquillonas Hereford destetadas precozmente	

y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida por tratamiento.....	67
17. Ganancias medias diarias durante las primeras tres semanas de pastoreo primaveral y subsiguientes en vaquillonas destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida.....	72

Figura No.

1. Croquis de las instalaciones del confinamiento.....	43
2. Evolución de peso vivo desde los 9 a 17 meses de edad según en terneras destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida.....	58
3. Evolución de condición corporal desde los 9 a 15 meses de edad en terneras destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida.....	60
4. Evolución de la altura del anca desde los 9 a 14 meses de edad en terneras destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida.....	60
5. Evolución del Score del Tracto Reproductivo promedio desde el 12/9/14 al 26/12/14 en terneras Hereford destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida por	63
6. Probabilidad de vaquillonas púberes a partir del día que la primera entra en celo (12/09/14) en terneras Hereford destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida por tratamiento a partir del día en que la primera entra en celo.....	64
7. Probabilidad de concepción dentro del período de IA sobre el total de vaquillonas destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida por tratamiento.....	66

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, la cría se lleva a cabo en los suelos de menor productividad, fenómeno que se ha visto acentuado en los últimos diez años producto de la competencia con otros rubros como la agricultura y la forestación. Esta situación, asociada a otros factores de mercado y aspectos socioeconómicos, redundando en una baja eficiencia productiva de los sistemas de cría, dada por altos costos de mantenimiento anuales (70-75% de los costos anuales), alta ineficiencia biológica del proceso, y mantenimiento de una categoría improductiva en el campo (53% de vaquillonas se entoran con más de dos años de edad) (Fiol, 2014).

Reducir la edad al primer entore a los 14-15 meses de edad genera un impacto en la productividad del sistema de producción al eliminar una categoría improductiva (vaquillonas de 1-2 años). Para lograr entorar con dicha precocidad, es fundamental un buen crecimiento de la vaquillona de reposición durante su recría, lo que hace necesaria una intensificación durante esta etapa. Montossi et al. (2015) cuantificaron una diferencia de 34 US\$/ha de margen neto a favor de un sistema intensivo con entore a los 15 meses comparado con un sistema extensivo con entore a los 2 o 3 años, sosteniendo que la intensificación asociada al entore de 15 meses, si bien eleva notoriamente los costos de alimentación del ganado, determina un incremento sustancial en la eficiencia del sistema, permitiendo mantener un mayor número de vientres y por ende más terneros en la misma área.

Según Rovira (1996) en nuestras condiciones alcanzar un peso adecuado de entore a los 14-15 meses con un destete convencional de 150 kg es posible con mejoramientos pratenses, ajustando las ganancias por estación (obteniendo las mayores ganancias en primavera). La técnica del destete precoz, sin embargo, permite una intervención más temprana de la nutrición sobre las terneras. Es así que existen variedad de trabajos extranjeros que evalúan la influencia de diferentes estrategias de alimentación en el entore precoz, centrándose los más recientes (Gasser et al. 2006a, Cardoso et al. 2014) en identificar el momento en que un alto plano nutricional tiene mayor influencia en la edad a la pubertad. Estos sostienen que vaquillonas que tienen mayores ganancias en la etapa juvenil (específicamente entre los 4 y 6,5 meses) alcanzan la pubertad a edades más tempranas. Los trabajos de investigación nacionales se han centrado en la intervención temprana de la nutrición a partir de la técnica creep feeding (Cuadrado 2010, Viñoles et al. 2014, Guggeri et al. 2014). Sin embargo, no se halló ningún trabajo a nivel nacional que evalué los efectos de diferentes estrategias de alimentación, combinando diferentes planos alimenticios en edades tempranas (2 a 5 meses, período de DP) y durante el invierno (9 a 12 meses, período crítico en el manejo

de la ternera). Según todos los antecedentes mencionados anteriormente se puede formular la hipótesis que el manejo durante el período juvenil tiene impacto sobre la edad a la pubertad y performance reproductiva, pero no se sabe si un manejo posterior puede modificar la respuesta de dichas variables.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar cómo influyen diferentes estrategias de alimentación, combinando pasto y confinamiento durante las estaciones de verano (de 2 a 5 meses) e invierno (de 9 a 12 meses), en las curvas de crecimiento posdestete, aparición de la pubertad y performance al primer servicio en terneras Hereford destetadas precozmente.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El entore anticipado fue estudiado por diversos autores debido a su importancia en términos de productividad. Para Campero (2002) disminuir la edad al primer entore permite aumentar la eficiencia del rodeo ya que se logra mayor número de terneros durante la vida útil de la vaca y desaparece una categoría improductiva como lo son las vaquillonas de 2 a 3 años. Para ello, según Flores y Sampedro (2013), es fundamental lograr un buen crecimiento de la recria de vaquillonas de reposición y así alcanzar un adecuado peso y desarrollo al primer servicio.

Para lograr un adecuado entore precoz se deben conocer los principios fundamentales de manejo nutricional y reproductivo, de forma de utilizar los recursos más eficientemente (Quintans, 2002). Sin embargo, no se hallaron trabajos a nivel nacional que evalúen la respuesta en términos reproductivos a las combinaciones de diferentes estrategias de alimentación en diferentes momentos desde los dos meses de vida (destete precoz).

El objetivo de la presente revisión es resumir los factores que afectan la pubertad, haciendo especial énfasis en la nutrición debido a su gran influencia a nivel neuroendocrino como desencadenante de la misma, así como recopilar antecedentes que evalúan el efecto de diferentes estrategias nutricionales sobre la reproducción.

2.1. PUBERTAD

2.1.1. Definición

Son numerosas las definiciones acerca de este proceso fisiológico, como la realizada por Prieto y Hernández (1993) indicándolo como la edad en la cual el animal se vuelve capaz de reproducirse. A su vez, la pubertad es definida por Rovira (1996) como el momento en que se manifiesta el primer celo o estro acompañado de la ovulación correspondiente. Sin embargo, para Kinder, citado por Araujo (2004) el estro debe estar acompañado por el desarrollo de un cuerpo lúteo funcional que se mantiene durante un período de tiempo propio de cada especie.

Por otro lado, Hafez (1996), define que un animal ha alcanzado la pubertad cuando es capaz de liberar gametos y de manifestar secuencias completas de comportamiento sexual. La pubertad es básicamente el resultado de un ajuste gradual entre la actividad gonadotrópica creciente y la capacidad de las gónadas de asumir simultáneamente la esteroidogénesis y la gametogénesis. Esta definición puede ser complementada con la de Faure y

Morales (2003a), quienes agregan que este proceso es caracterizado por la presencia de un marcado incremento de la frecuencia de pulsos de la secreción de gonadotropinas (especialmente LH), desarrollo de los genitales y los caracteres sexuales secundarios; dicho proceso puede ser espontáneo o inducido.

Faure, citado por Faure y Morales (2003a) define la pubertad como un proceso gradual que aparece en la etapa de desarrollo somático de un individuo, donde por primera vez se hace posible la reproducción, y finaliza con la madurez sexual.

2.1.2. Mecanismos endócrinos desencadenantes de la pubertad

Los procesos de maduración que culminan en la pubertad y madurez sexual de las vaquillonas, se inician antes del nacimiento, continúan en la prepubertad (más de 50 días antes de la pubertad) y en la peripubertad (50 días antes de la pubertad), completándose rápidamente después de la pubertad, con un aumento de la probabilidad de preñez que ocurre por las acciones de los esteroides ováricos sobre el útero (Stahringer, 2003).

Según Hafez (1996), el inicio de la pubertad es regulado por la madurez del eje adenohipofisario hipotalámico más que por la incapacidad de la hipófisis de producir gonadotropinas o por la insensibilidad ovárica a sus efectos. La maduración del hipotálamo resulta de una disminución del sistema de retroalimentación negativo del estradiol que lleva a un aumento de la frecuencia de liberación de los pulsos de LH (Stahringer, 2003).

Varios autores citados por Faure y Fernández (1998) indican que la sensibilidad del eje hipotálamo-hipofisario se desarrolla a partir de los 3 a 5 meses de edad (Staigmler et al., Schillo et al.). Sin embargo, el control de retroacción negativa ejercido por el estradiol existe durante todo ese tiempo, siendo en el momento de la pubertad cuando disminuye (Schillo et al., Day et al.). Esta desaparición gradual de la inhibición de los estrógenos, según Day et al., citados por Hernández (2008), podría explicarse por una disminución en el número de receptores para estradiol en el hipotálamo.

Durante los primeros meses de vida ocurren cambios dramáticos en la secreción de gonadotropinas. Múltiples estudios han reportado un aumento temprano de concentraciones circulantes de estas, predominantemente LH, seguidos por un retorno a una menor concentración (Schams et al., Evans et al., citados por Gasser, 2013). El aumento temprano y transitorio de LH, generalmente alrededor de 3 a 4 meses de edad, es seguido por un aumento de las concentraciones de estradiol. Cada uno de estos cambios proporciona

evidencia de la continua evolución del eje endócrino reproductivo. Después del aumento temprano y descenso de gonadotropinas y del aumento asociado de estradiol, las vaquillonas parecen entrar en un período durante el cual las concentraciones de LH alcanzan una meseta. Quizás en vaquillonas este estado de equilibrio persiste hasta el momento en que es dada la señal apropiada para iniciar el período peripuberal (Gasser, 2013).

Durante el período peripuberal el tamaño máximo de los folículos dominantes aumenta gradualmente (Bergfeld et al., 1994) así como la duración de la dominancia del folículo o el intervalo entre las ondas foliculares (Evans et al., 1994). Parece ser que el tamaño del folículo está relacionado con el momento a la pubertad (Gasser, 2013). Bergfeld et al. (1994) observó que el tamaño folicular al momento de la pubertad no difirió entre tratamientos que resultaron en una diferente edad a la pubertad. Melvin et al. (1999) también reportó un incremento de FSH y de las concentraciones de estradiol durante las sucesivas ondas foliculares que llevan a la pubertad. Adicionalmente, fue demostrado que aumentaba sustancialmente la frecuencia de los pulsos de LH a medida que la pubertad se acerca (Day et al., 1987), dicho aumento según Stahringer (2003) es el principal factor endócrino que regula el inicio de la pubertad. Esto se logra a través de la disminución de la retroalimentación negativa de estradiol en la secreción de LH que ocurre durante este mismo período peripuberal (Gasser, 2013).

A su vez, numerosos autores citados por Faure y Fernández (1998) han confirmado que los picos de progesterona se asocian a la pubertad, lo cual sugiere que ésta tiene una función clave en la etapa de transición del estado acíclico al cíclico. Los cambios en las concentraciones de esta hormona están muy relacionados con los signos del celo, los picos de LH y la edad a la cual se alcanza la pubertad (Faure y Fernández, 1998).

Así se podría hipotetizar que el inicio de la pubertad transcurriría de la siguiente forma: disminución de la sensibilidad del eje hipotálamo-hipófisis a la retroacción negativa del estradiol, aumento de la frecuencia pulsátil de LH con el consiguiente desarrollo folicular, producción de estrógenos, aparición del primer celo, descarga preovulatoria de LH y ovulación. De esta forma aparece la actividad cíclica que caracteriza la etapa reproductiva (Faure y Morales, 2003a).

La maduración continúa después de la primera ovulación, la cual generalmente es seguida por una fase luteal corta. La ovulación siguiente está generalmente asociada con la primera exhibición de estro y comúnmente seguida por el primer ciclo estral de ovulación normal (Gasser, 2013). Se ha

demostrado que con el transcurso de los primeros ciclos estrales se producen aumentos en la tasa de concepción de vaquillonas (Byerley et al., 1987).

2.2. FACTORES QUE AFECTAN LA APARICIÓN DE LA PUBERTAD

La aparición de la pubertad, como cualquier otro carácter fenotípico, es afectada por factores ambientales, por la constitución genética del individuo y por la interacción genética-medio ambiente (González-Padilla, 1978).

En las hembras vacunas, muchos son los factores que pueden influir en la edad y peso al cual se alcanza la pubertad. Entre ellos se destacan el plano nutricional (expresado en el peso al destete y manejo pos-destete), la genética (variando el peso y la edad a la pubertad entre razas y entre líneas de una misma raza), el fotoperiodo, la bioestimulación, los tratamientos hormonales y la sanidad (Quintans y Roig, 2008b).

2.2.1. Edad y peso

Se ha discutido ampliamente si es la edad o el peso corporal la señal que mejor caracteriza el inicio de la pubertad sin que haya una claridad al respecto (Hernández, 2008). Además Araujo (2004), indica que estas señales pueden ser minimizadas por el efecto de las condiciones ambientales y de manejo, siendo muy difícil establecer parámetros e incluso poder llegar a comparaciones entre razas.

Yelich et al. (1995) concluyeron que la edad puede ser un modulador importante en la determinación del inicio de la pubertad en vaquillonas para carne y en general, en todas las especies animales, la pubertad se adelanta al desarrollo corporal, dando a entender que las hembras pueden multiplicarse antes de que sus órganos estén en plenitud de su capacidad para la producción y reproducción. Según Prieto y Hernández (1993) los datos de edad a la pubertad son más consistentes que los de peso, por lo que se podría pensar que en animales bajo un buen plano nutricional, la edad es un factor más determinante sobre la pubertad que el peso.

Gree (1983), considera que aunque la edad a la pubertad no está determinada por un peso *per sé*, si lo está por un orden indeterminado de condiciones fisiológicas que resultan de un peso dado.

Por otra parte Arije y Wiltbank (1974) sostienen que el peso es más importante que la edad en la determinación de la pubertad, aunque siempre es necesaria una edad mínima. Que se haya enfatizado el peso como más importante que la edad, no menosprecia el valor que tiene ésta en el proceso

puberal. Burfening, citado por Faure y Fernández (1998) encontró al someter dos grupos de vaquillonas con diferentes edades a un tratamiento inductor de la pubertad, muy baja efectividad en el grupo de menor edad (11,1 meses) respecto al de mayor edad (13,5 meses).

Bajo circunstancias normales, una hembra no entrará en pubertad hasta que no alcance un estado de desarrollo que le asegure la capacidad de tener y cuidar una cría (Quintans y Roig, 2008b). Lindsay et al., citados por Quintans (2002) indican que por esta razón la pubertad está más pobremente relacionada con la edad cronológica y más fuertemente con el estado de desarrollo, peso vivo y presencia de adecuadas reservas corporales.

Según Brody, citado por Araujo (2004) la pubertad debe ser considerada teniendo en cuenta cuáles son el peso y la edad mínima necesarios para que una determinada raza sea susceptible de alcanzarla, debiendo ser 65% del peso adulto para todas las especies.

No obstante, son varios los datos existentes del peso mínimo requerido para alcanzar la pubertad. Para Roy, citado por Araujo (2004) debe ser de 50% del peso total del adulto para vaquillonas de razas cárnicas, mientras que, en vaquillonas de aptitud lechera es de 45-55%. Para Flores y Sampedro (2013) el peso óptimo que debe tener la vaquillona para su primer entore, si está desarrollada sexualmente, es 75% del peso adulto. Estudios citados por Faure y Fernández (1998) concluyen que la capacidad reproductora aparece cuando el peso es aproximadamente 45% del peso del adulto. Sin embargo para Quintans (2008c), entre otros factores, la ternera debería alcanzar entre el 65 y 70% de su peso adulto para comenzar a ciclar.

Abeygunawardena y Dematawewa, citados por Granja et al. (2012), sostienen que las vaquillonas *Bos indicus* no alcanzan la pubertad con menos del 60% de su peso adulto, en comparación con vaquillonas *Bos taurus*, las cuales tanto las de aptitud lechera como las de carne pueden llegar a la pubertad con 30 a 50% del peso corporal adulto.

Datos más concretos reportados por Araujo (2004) indican que el peso de las vaquillonas frizonas en el momento de la pubertad está comprendido entre 240 y 260 kg, en la Hereford entre 260 y 300 kg. mientras que en las Aberdeen Angus entre 230 y 250 kg.

Por lo tanto puede concluirse que el peso por sí mismo no es el único factor que hay que tener en cuenta a la hora de preveer resultados reproductivos, especialmente en estas categorías (Velazco y Quintans, 2009).

2.2.2. Nutrición

Dentro del proceso reproductivo, la energía que la vaca consume es dividida dependiendo del evento; es decir, la energía disponible es utilizada por la vaca en el siguiente orden: 1) metabolismo basal, 2) actividad, 3) crecimiento, 4) gestación, 5) lactancia, 6) ciclos estrales (Short et al., 1990).

Schillo et al. (1992b), indican que la nutrición es un gran determinante en la aparición de la pubertad, siendo para González-Padilla (1978) probablemente el factor más importante involucrado con la aparición de la pubertad.

Varios autores citados por Araujo (2004) sostienen que la edad a la pubertad varía de acuerdo al régimen alimenticio al que se encuentran sometidos los animales, con lo que se puede explicar en gran parte las diferentes edades a las que se presenta la pubertad. A mejor nivel nutritivo posdestete, menor edad y mayor peso a la pubertad (Bavera, 2000).

Una restricción severa de la ingesta de alimento retrasa el inicio de la pubertad en terneras (Reid et al., Joubert, Wiltbank et al., Day et al., citados por Dunn y Moss, 1992). Datos reportados por Bavera (2000) indican que la desnutrición no impide que al fin surja la pubertad, aunque pueden producirse grandes demoras, hasta el punto que se duplique la edad de aparición de la misma.

Romero et al. (1995), confirmaron que el nivel de alimentación resultó ser el principal factor que afectó el crecimiento. Vaquillonas alimentadas con 150% de los requerimientos para ganado lechero ganado 0.5 kg/día según NRC (1988), presentaron aumentos significativos en la ganancia diaria de peso y peso a la pubertad, y se redujo significativamente la edad en la que alcanzaron la pubertad, comparadas con las vaquillonas alimentadas con el 100% de los requerimientos.

Varios trabajos indican que la pubertad está influenciada por la tasa de crecimiento posdestete (destete convencional) y que el consumo de energía está relacionado positivamente con esta y negativamente con la edad a la pubertad (Wiltbank et al. 1969, McShane et al. 1989). Flores y Sampedro (2013) aseguran que para lograr un adecuado crecimiento, peso al servicio y posterior preñez, las vaquillonas deben tener ganancias de peso en todo su periodo de recría y durante el servicio. En esta categoría también es prioritario un buen manejo durante la gestación y lactancia dado que la vaquillona todavía se encuentra en una etapa de crecimiento y desarrollo corporal.

Faure y Fernández (1998) enfatizaron el concepto de Lamond relativo al "peso diana". Este autor consideró que cada vaca tiene un peso óptimo para lograr una concepción exitosa, por debajo de este peso la capacidad reproductiva disminuye, y por encima, el animal tiende a ser infértil. Es por esto, que a pesar de que la sobrealimentación acelera el crecimiento y la ganancia de peso adelanta la actividad cíclica, no debe pensarse que sea beneficiosa. Esta tiene, en pre-servicio, similares efectos negativos en el área reproductiva como la subalimentación.

Posteriormente, del trabajo de Hale, citado por Faure y Fernández (1998) surge la idea conocida como "corolario del concepto de Lamond", en el cual se expresa que si una vaca cesa su actividad sexual debido a una subalimentación, ella no recuperará dicha actividad, en tanto no alcance un peso superior al peso en el cual dejó de ciclar (Faure y Fernández, 1998). Reafirmando esto, Quintans y Roig (2008b) sostienen que vaquillonas que tienen pesos similares al momento del servicio pueden presentar estatus ovárico diferente. Esto confirma el concepto de que la evolución de peso previo al momento del servicio puede afectar la actividad ovárica.

2.2.2.1. Composición de la dieta

No solo el nivel cuantitativo de la alimentación influye sobre la reproducción, sino que igualmente, existen componentes específicos de ella (por ejemplo: energía, proteína, minerales, vitaminas, etc.) que producen alteraciones importantes (Faure y Morales, 2003a).

Desde el punto de vista nutritivo, considerando el tipo de alimento consumido, es necesario conocer la cantidad de energía y proteína que el mismo está proporcionando (Bavera, 2000). Campos y Hernández (2008) sostienen que la deficiencia de energía en la dieta puede ser ocasionada por un insuficiente consumo de alimentos, por una baja digestibilidad de sus componentes (dieta de baja calidad), o por un contenido elevado de humedad en la misma. El bajo consumo de energía es normalmente resultado de restricciones alimenticias. En cualquiera de las situaciones, la falta de energía impide que el animal exprese su potencial genético de producción, aumentando su gravedad si a su vez existe deficiencia en proteína, minerales y vitaminas. El efecto de la proteína de la dieta en la reproducción es complejo. En general, cantidades inadecuadas reducen la producción de leche y velocidad del desempeño reproductivo (madurez sexual). Deficiencias de las mismas, disminuyen los niveles de proteínas de reserva o de transporte en la sangre, hígado y músculos lo que predispone al animal a diversas enfermedades que pueden conducir a no lograr su madurez sexual. A su vez, un consumo bajo en proteína limita la cantidad total de alimento ingerido (baja digestibilidad),

disminuyendo por ende el consumo de energía. Por lo tanto, hay dos mecanismos simultáneos: a) el bajo nivel de proteínas de la dieta inhibe directamente el proceso reproductivo y b) el bajo nivel de proteínas actúa indirectamente a través de una reducción del consumo de alimentos (Bavera, 2000). También Heinrichs et al. (s.f.) indican que una deficiencia en proteína o cualquier vitamina o mineral en la dieta, en vacas en rápido crecimiento, reducirá la eficiencia de utilización de la energía consumida.

A su vez, Wiltbank et al. (1962) encontraron que en el ganado vacuno, una deficiencia de energía es más perjudicial para la reproducción que una deficiencia de proteína. También, el plano energético de la dieta parece tener una influencia grande y más rápida que el proteico en la inducción de la ciclicidad estral, encontrándose una correlación inversa entre la edad de pubertad y la ingestión energética (Lam, Barash et al., citados por Faure y Fernández, 1998).

Bergfeld et al. (1994) concluyeron que vaquillonas alimentadas con mayor cantidad de energía exhibieron folículos ováricos de mayor tamaño a una edad más joven, en comparación con vaquillonas que fueron alimentadas con una dieta menos energética. Éstas últimas presentaron un atraso en la maduración sexual. Sin embargo, el tamaño del folículo ovárico al momento de la pubertad no difirió entre tratamientos, así como tampoco la persistencia del folículo ovárico, su velocidad de crecimiento o la de regresión. De esta manera sostienen que fue la cronología del desarrollo del folículo ovárico dominante lo que difirió en vaquillonas alimentadas con dietas de diferente contenido de energía.

Dietas o aditivos que incrementen la relación propionato:acetato en el rumen posiblemente disminuyan la edad a la pubertad (Moseley et al. 1977, McCartor et al. 1979). Las concentraciones de propionato ruminal están directamente relacionadas con el consumo de carbohidratos rápidamente fermentables (Krause et al., 2003). Pinos y Sánchez (2001) agregan que el propionato es el compuesto gluconeogénico más importante en rumiantes, por lo que su efecto en la reproducción es probablemente atribuido a la mayor disponibilidad de glucosa.

Purvis y Whitier (1996) afirman que hay algunos compuestos orgánicos que ejercen una profunda influencia en el metabolismo ruminal como es el caso de la Monensina y otros como la Ivermectina, que son capaces de provocar un adelanto de la pubertad. Varios autores citados por Faure y Fernández (1998) indican que la Monensina produce un cambio en la relación molar de AGV en el rumen sin alterar la concentración total. Ella aumenta el por ciento molar de propionato a expensas de acetato y butirato. Este ionóforo influye en la

reproducción, pues da un estado nutritivo más favorable, disminuye los requerimientos del animal, y produce cambios acentuados en el sistema endocrino (Manson y Randel, Hardin y Randel), lo que provoca una disminución de 21 días en la aparición de la pubertad (Lalman et al.).

2.2.2.2. Efecto del nivel nutricional en la secreción de hormonas reproductivas

El punto en el cual los factores nutricionales inciden sobre los mecanismos endocrinos de la reproducción es de difícil explicación, sin embargo se evidencia que el nivel nutricional afecta la tasa de crecimiento y ésta a su vez determina el grado de desarrollo el cual es responsable, a nivel de los centros reguladores de la reproducción, de la secreción de gonadotropinas (Kennedy, citado por Araujo, 2004).

Fitzgerald et al. (1982) determinó que la secreción de LH y concretamente la secreción pulsátil de la misma durante el período prepúber, se ve afectada por el grado de nutrición, incrementándose en los animales alimentados con altos planos con respecto a los de alimentación restringida. Inadecuados consumos de energía impiden la entrada a la pubertad suprimiendo la secreción pulsátil de LH, efecto que probablemente esté involucrado con una inhibición en la secreción de LHRH (Hormona Liberadora de LH) del hipotálamo (Schillo, 1992a). También se han indicado cambios en los niveles de FSH, prolactina y estradiol (Rone, citado por Faure y Fernández, 1998). De este modo, la subalimentación puede actuar directamente a nivel ovárico o hipofisario produciendo alteraciones que conducen a un pobre desarrollo folicular y deficiente producción de hormonas esteroides las cuales no pueden promover el celo (Faure y Fernández, 1998).

Es posible que la hipoalimentación (dependiendo si es crónica o aguda, si es energética o proteica, etc.) produzca un aumento en la sensibilidad al mecanismo de retroalimentación negativo de los estrógenos (Faure y Fernández, 1998). Gasser et al. (2006d) basados en los resultados de su experimento, concluyeron que un adelantamiento en la reducción del feedback negativo del estradiol sobre la secreción de LH es el mecanismo mediante el cual vaquillonas destetadas precozmente y alimentadas continuamente en base a una dieta de alto contenido de concentrados desde el destete (83 días) inducen una pubertad precoz.

Por otro lado, Gasser et al. (2006c), indican que un incremento del consumo de energía desde el destete precoz hasta la pubertad aumenta la respuesta de los ovarios a la estimulación de gonadotropinas a través de componentes del eje somatotrópico.

2.2.2.3. Efecto del nivel nutricional en la secreción de hormonas metabólicas y metabolitos

El proceso reproductivo demanda altas cantidades de energía, es por esto que podría decirse que el estatus metabólico es el regulador interno más poderoso de la reproducción y variaciones en éste pueden afectar el ciclo reproductivo en casi todas las etapas (Blache et al., 2007).

El centro generador de pulsos dentro del hipotálamo es el punto central donde la nutrición afecta el sistema reproductivo, siendo modulado por metabolitos sanguíneos o factores endocrinos que modifiquen el metabolismo general y funcionen como indicadores de la condición corporal o nivel nutritivo (Schillo, 1992a). Según Allen et al. (2012) estas señales actúan con el hipotálamo para regular la ingestión de la comida, gasto de energía, y funciones neuroendocrinas, incluida la reproducción.

Steiner et al., citados por Schillo (1992a) fueron los primeros en proponer que la concentración circulante de insulina, ciertos aminoácidos y ácidos grasos no esterificados (NEFA) actúan como dichos indicadores. Según Schillo (1992a), la insulina incrementa la secreción de la LH en rumiantes, mientras que los NEFA la inhiben.

Una manera sencilla de estimar el nivel de reservas energéticas es utilizando la escala de condición corporal, donde 1 es un animal extremadamente flaco y 8 un animal extremadamente gordo (Faure y Morales 2003b, Velazco y Quintans 2009). Según Faure y Morales (2003b) basándose en una escala del 1 al 9, para que las vaquillonas incorporadas a la reproducción tengan un comportamiento reproductivo adecuado es necesario que, además de un peso mínimo, posean una condición corporal mayor de 2.5, preferiblemente entre 3 y 4. Sin embargo, Velazco y Quintans (2009) sostienen que para esta categoría resulta dificultoso ajustar la escala que originalmente se describe para adultos, ya que al estar en pleno crecimiento, pueden incrementar su peso vivo sin necesariamente incrementar su reserva o condición corporal.

- Insulina

Existe evidencia que indica que las concentraciones de insulina pueden tener un importante rol en el inicio de la pubertad. Aumentos en la concentración de insulina en sangre posiblemente actúen directa o indirectamente en la recepción de glucosa por el sistema nervioso central y por el sistema ovárico para modular la actividad reproductiva. La insulina, en presencia de glucosa, incrementa la secreción de GnRH (Arias et al., 1992).

Las restricciones de la dieta y balances energéticos negativos disminuyen las concentraciones de insulina en la circulación y ésta, entre otras funciones, es una señal metabólica que influye en la secreción de LH desde la hipófisis y regula la sensibilidad del ovario a las gonadotropinas (Diskin et al., citados por Quintans y Roig, 2008b).

También en estudios realizados por McCann y Hansel (1986), la disminución de las concentraciones de insulina se asocia con una disminución de la liberación de LH en los rumiantes privados de alimento. Sin embargo, según Hall et al. (1995) independientemente del estado nutricional, infusiones a corto plazo de la insulina sistemática o directamente en el sistema nervioso central no aumentaron la liberación de LH.

- Factor de crecimiento semejante a la insulina tipo 1 (IGF-I)

Este péptido se produce en los órganos de importancia reproductiva como el hipotálamo, ovarios, oviductos y útero. Sin embargo, la mayoría del IGF-I que se mide en la sangre es producido por el hígado (Ruíz et al., 2011). Debido a que son similares en estructura a la insulina, es posible que los IGF tengan una función similar (Pinos y Sánchez, 2001).

Posiblemente, una de las señales que proporcione una lógica conexión entre las dietas altamente concentradas y una maduración precoz del eje reproductivo es la IGF-I. Un aumento asociado entre la concentración de IGF-I y la concentración de LH fue detectada en vaquillonas alimentadas para presentar altas tasas de ganancias, lo que se tradujo en una edad anticipada de la entrada a la pubertad (Yelich et al., citados por Gasser et al., 2006d).

La estimulación nutricional del adelanto de la pubertad en vaquillonas está asociado a un incremento en las concentraciones de IGF-I y decrementos de la GH (Granger et al., Yelich et al., citados por Gasser et al., 2006d), las cuales pueden ser potenciales señales para el arribo de la pubertad (Gasser et al., 2006d).

Diskin et al., citados por Quintans y Roig (2008b), indican que concentraciones bajas de IGF-I están asociadas con el atraso de la pubertad. También Bossis et al. (1999) han reportado una disminución lineal en las concentraciones en plasma de IGF-I a partir del comienzo de una restricción alimenticia. A su vez, Maquivar et al., citados por Day y Maquivar (2011), reportaron que vaquillonas que muestran pubertad precoz, tienen una concentración más elevada de IGF-I.

Durante el ayuno corto, en vaquillonas prepúberes con restricción de la frecuencia de alimentación, los pulsos de LH se redujeron con la concomitante disminución de la concentración periférica de IGF-I, y aunque estas asociaciones pueden ser simples correlaciones en lugar de relaciones de causa-efecto, la evidencia indica que el IGF-I es un mediador importante del metabolismo implicado en la aparición de la pubertad en vaquillonas (León et al., 2004).

Sin embargo, el IGF-I no es un predictor de eventos reproductivos, sino más bien un estimador indirecto de la aptitud del animal para alcanzar la reproducción. Esto es, en parte, porque IGF-I endocrino no proporciona ninguna información acerca de acciones autócrinas o parácrinas. La IGF-I necesita interactuar con otras hormonas (como por ejemplo las gonadotropinas) para lograr la plena reproducción. Aun así, los perfiles de circulación de IGF-I seguirán siendo de importancia fundamental en la comprensión de las interrelaciones entre la nutrición y la reproducción (Ruíz et al., 2011).

- Hormona de crecimiento (GH)

Es secretada por la hipófisis y es la principal hormona responsable de la partición de nutrientes (Bauman y Currie, citados por Laporta, 2011). Alteraciones en las concentraciones sanguíneas de esta hormona, conjuntamente con los cambios en la síntesis hepática de glucosa, y en las concentraciones de insulina e IGF-I en la sangre, son indicativos de la disponibilidad de energía y del estatus metabólico de los animales (Laporta, 2011).

La presencia de ARNm de GH en el hipotálamo sugiere que esta hormona puede vincular entradas nutricionales con salidas gonadotrópicas (Monget y Martin, 1997). El balance energético afecta la concentración plasmática de GH (Bossis et al., 1999), aumentándola en momentos de balances energéticos negativos, provocando un estado de resistencia a la insulina en tejidos periféricos (Laporta, 2011).

- Leptina

Zhang et al., citados por Amstalden et al. (2014), indican que la leptina es una hormona proteica secretada principalmente por tejido adiposo. Ésta, puede ser considerada como una hormona de señalización metabólica indicadora del estado nutricional y utilizada para medir el tiempo de inicio a la pubertad. La expresión del gen de la leptina en el tejido adiposo y las concentraciones de esta hormona aumentan en la circulación a medida que

aumenta la adiposidad (García et al., 2002). Por lo tanto, la hipótesis actual es que la leptina actúa como un factor permisivo para la progresión de la pubertad en vaquillonas (Amstalden et al., 2014).

Martín y Banchemo, citados por Pinos y Sánchez (2001) concluyen a raíz de varios experimentos que puede ser la hormona encargada de relacionar el nivel nutricional y la actividad reproductiva, aunque los resultados de algunos estudios solo demuestran una relación y no una causa-efecto.

El ayuno a corto plazo reduce la expresión de la leptina en el tejido adiposo así como también las concentraciones circulantes, produciendo disminuciones en la pulsatilidad de LH en vaquillonas prepúberes (Amstalden et al., 2000).

Cunningham et al. (1999) sostienen que la activación del eje reproductivo es sensible a la nutrición y al almacenamiento de las reservas metabólicas. Indican además, coincidiendo con datos reportados por Amstalden et al. (2014), que animales expuestos a restricciones alimenticias severas presentan niveles de leptina reducidos, los cuales están asociados a una reducción marcada en la secreción de gonadotropinas. Según varios estudios dichos autores afirman que niveles adecuados de leptina en la circulación son esenciales (aunque no suficientes) para el progreso de la pubertad, y que tratamientos con esta hormona pueden revertir el retraso en la maduración sexual causada por una restricción alimenticia.

Elevadas ganancias medias diarias (GMD) durante desarrollo juvenil facilitan la acumulación de tejido adiposo aumentando la síntesis y liberación de leptina. Se propone un aumento de leptina circulante como señal para el sistema nervioso central, indicando la disponibilidad de suficientes reservas nutricionales para apoyar la transición de la pubertad (Amstalden et al., 2014). Las neuronas de GnRH no parecen ser blanco directo de la leptina (Amstalden et al., 2014) por lo que se concluye que el efecto permisivo de ésta en la liberación de GnRH durante el desarrollo puberal está probablemente mediada por las interneuronas neuropéptido Y y proopiomelanocortina (NPY y POMC), las cuales son un objetivo prioritario para la leptina en el núcleo arqueado del hipotálamo. Estos tipos de células no solo contienen receptores de leptina si no que están regulados por ella (Håkansson et al., citados por Amstalden et al., 2014).

El NPY y POMC, se consideran vías principales para el control nutricional de la reproducción (Crown et al. 2007, Amstalden et al. 2011). El NPY tiene una predominante acción inhibitoria sobre la liberación de LH en los rumiantes (Gazal et al., Estrada et al., Morrison et al., citados por Cardoso et al.,

2014). Estudios han demostrado que la ganancia de peso acelerada en asociación con dietas altas en concentrados durante etapas tempranas provocan una disminución en la abundancia de ARNm de NPY en el núcleo arqueado en comparación con las tasas más bajas de ganancia (Alves et al.; Allen et al., citados por Cardoso et al., 2014). El sistema de melanocortina también se considera que desempeña un importante papel de mediación en el control metabólico de la reproducción (Schneider, 2004). Utilizando modelos nutricionales, se demostró que la abundancia de ARNm de POMC en el núcleo arqueado se incrementa en vaquillonas prepúberes alimentadas con dietas muy concentradas y ganando a tasas altas en comparación con los animales ganando a tasas más bajas (Allen et al. 2012, Cardoso et al. 2014).

- AGV

Randel (1990), resume varios estudios y afirma que dietas que incrementan la producción de propionato en el rumen (dietas de alta calidad) promueven la actividad gluconeogénica, lo que adelanta la edad y disminuye el peso a la pubertad en vaquillonas.

La cantidad de almidón en la dieta puede alterar la producción de hormonas y metabolitos que adelantan la pubertad. Un incremento lineal en la cantidad de carbohidratos fermentables, almidón, cambian la fermentación ruminal y causan un incremento lineal de la concentración de propionato (Krause et al., 2003). En estudios realizados por Moseley et al. (1977), McCartor et al. (1979), una disminución en la edad y peso a la pubertad ocurrió concomitantemente con un cambio en la fermentación ruminal, en el cual disminuyó la relación acetato: propionato.

Además los nutrientes también podrían ser capaces de actuar directamente en componentes del eje reproductivo, por ejemplo, ambos acetato y butirato pueden modular la capacidad de responder de la adenohipófisis a la leptina. Entonces el tejido hipofisario puede también ser un sitio de interacción entre hormonas y nutrientes en el control de la funcionalidad reproductiva (Blache et al., 2007)

- Glucosa

Es la fuente principal de energía utilizada por el sistema nervioso, por lo que el hipotálamo probablemente reconozca cambios en las concentraciones de dicho compuesto. A pesar de esto, los estudios que correlacionan las concentraciones de glucosa con la actividad reproductiva, no son consistentes (Rutter et al., citados por Pinos y Sánchez, 2001).

Por otra parte, según Blache et al. (2007), la glucosa, junto con los ácidos grasos volátiles, también puede estar contribuyendo a la regulación de la secreción de leptina en adipocitos de rumiantes.

Una restricción de glucosa es muy distinta de una restricción de energía en la dieta en cuanto a los patrones de secreción de LH: esta última provoca una reducción en la frecuencia de los pulsos de LH, mientras que una restricción de glucosa reduce la amplitud de los pulsos de LH (Schillo, 1992a).

2.2.2.4. Programación nutricional y su relación con la pubertad

En hembras bovinas el consumo de nutrientes en cada una de las etapas de vida puede influenciar positiva o negativamente su desempeño reproductivo (Granja et al., 2012).

La mayoría de los estudios realizados hasta hoy encuentran efecto de la ganancia de peso posdestete sobre la pubertad. En estudios realizados por Ayala et al. (2008a, 2008b) sobre terneras destetadas convencionalmente se demostró que cuando la ganancia de peso aumenta durante el periodo posdestete se anticipa la edad en alcanzar la pubertad.

Varios autores citados por Buskirk et al. (1995) sostienen que un elevado plano nutricional (0.62 kg/día) luego del destete convencional resulta en un adelanto en la entrada a la pubertad y un incremento en las tasas de concepción, comparados con bajos planos nutricionales (0.43 kg/día). Clanton et al. (1983), Lynch et al. (1997) también indican que alimentaciones con dietas de alta energía para promover una continua alta tasa de ganancia después del destete convencional, es una opción que puede ayudar a asegurar el comienzo oportuno de la pubertad.

En estudios realizados con terneras destetadas convencionalmente (entre 6 y 7 meses de edad), se encontró una gran influencia de la distribución estacional de las ganancias sobre la aparición de la pubertad. Tanto trabajos nacionales (Ayala et al., 2008a) como extranjeros (Short y Bellows, 1971) demostraron que la proporción de peso y edad a la que los animales entran en pubertad es afectada por la alimentación durante el primer invierno. Los efectos negativos de las restricciones alimenticias durante el invierno no pueden ser revertidos con altas tasas de ganancia durante primavera-verano.

Según Ayala et al. (2008b), la tasa de ganancia invernal es el factor más importante en determinar el porcentaje de animales púberes, y el peso vivo

por sí mismo no sería un buen indicador de la actividad reproductiva en esta categoría de animales.

Frick y Borges (2003), encontraron que la ganancia diaria invernal es un buen indicador de la futura fertilidad en vaquillonas con servicio a los 18 meses. También concluyeron que es más importante el peso al final del invierno resultante de la tasa de ganancia invernal y del peso al destete, que el peso al servicio para predecir el comportamiento reproductivo, ya que el peso al servicio no considera la distribución estacional de la ganancia. Por lo tanto, para entores anticipados la distribución de las tasas de ganancias deben ser consideradas y dentro de este marco, la tasa de ganancia invernal parecería ser un factor determinante para alcanzar la performance reproductiva adecuada.

Short y Bellows (1971) también determinaron el efecto que tiene la variación de la tasa de ganancia invernal durante los 7 y 12 meses de edad en el crecimiento y la reproducción posterior. Un mayor nivel de alimentación invernal aumentó el peso corporal, el área pélvica y la calificación de condición corporal al final del período de alimentación. Vaquillonas con ganancias inferiores ganaron más cuando pasaban a una pastura durante el verano. Aún así las ganancias no fueron suficientes para que alcancen el mismo peso corporal que las vaquillonas con altas tasas de ganancia invernal. Estos datos concuerdan con los hallazgos de otros trabajos donde también encontraron que el aumento del nivel de alimento durante el invierno decrece la edad y aumenta el peso a la pubertad (Eckles, Joubert, Hansson, Crichton et al., Reid, Bellows et al., Wiltbank et al., citados por Short y Bellows, 1971).

Siguiendo otro enfoque, algunos trabajos se centran no tanto en la distribución estacional de las ganancias, sino en el momento del desarrollo del animal en que éstas se distribuyen. En esta línea de trabajo, Gasser et al. (2006a, 2006b, 2006c, 2006d) trabajando con terneras destetadas a los 3 meses de edad notaron que aquellas alimentadas con dietas que promovían un rápido crecimiento entre los 3 y 7 meses de edad alcanzaban la pubertad más jóvenes y con menos peso comparado con aquellas que habían presentado ganancias reducidas en el mismo periodo. Más aún, Gasser et al. (2006a) concluyeron de sus experimentos que no existen diferencias en cuanto a la llegada a la pubertad entre terneras alimentadas continuamente con una dieta altamente concentrada (60% maíz) desde el destete precoz y las alimentadas con esta dieta únicamente durante los 4 a 6.5 meses de edad, recibiendo posteriormente una dieta menos concentrada (30% maíz). El estatus nutricional durante este periodo de maduración sexual precoz es un importante determinante de la edad a la pubertad en vaquillonas, y además podría determinar el impacto de los programas de alimentación iniciados posteriormente, para el desarrollo de vaquillonas de reemplazo.

Posteriormente, Allen et al. (2012) concluyen a raíz de los trabajos de Gasser et al. (2006a, 2006b, 2006c, 2006d) que el momento entre los 3 a 7 meses de edad parece ser crítico para que la nutrición tenga efectos sobre las funciones neuroendocrinas que regulan la edad a la pubertad. Según Day y Anderson (1998) es lógico que influencias ambientales en dicho periodo puedan acelerar la madurez sexual debido a que importantes aspectos del desarrollo reproductivo ocurren en este momento.

Roberts et al. (2009) encontraron, en terneras destetadas a los 6 meses, que la ganancia diaria promedio durante los primeros 8 meses de vida se corresponde con concepciones tempranas. Las tasas de ganancia durante el predestete o en el posdestete temprano tienen mayor influencia sobre la edad a la pubertad que en el periodo posterior a los 8 meses.

Resultados experimentales reportados por Cardoso et al. (2014) indican que la edad de inicio de la pubertad puede ser nutricionalmente programada mediante la exposición de vaquillonas a un régimen nutricional escalonado durante su desarrollo juvenil. Éstos demostraron que un estado nutricional y metabólico favorable entre 4 y 6,5 meses de edad podría conducir a cambios funcionales en el sistema reproductivo neuroendocrino los cuales persistirían después de un período de restricción de ingesta de alimento entre 6,5 y 9 meses de edad. En la realimentación a los 9 meses de edad un recurrente estado metabólico positivo, caracterizado principalmente por un fuerte incremento en las concentraciones de leptina, activaría las vías neuroendocrinas previamente programadas que conducen a la aparición de la pubertad. Estos datos son consistentes con los reportados anteriormente por Grasser et al. (2006a), quienes indican también un período crítico entre 4 y 6,5 meses para la programación nutricional acelerando la pubertad en vaquillonas.

Además la aceleración nutricional de la pubertad en vaquillonas también puede ser facilitada por la programación temprana de la leptina. La elevación temprana (4 a 6.5 meses de edad) en leptina circulante posiblemente programe funciones hipotalámicas que facilitan el inicio de la pubertad una vez que se alcanza un estado nutricional adecuado. Luego, aunque las concentraciones de leptina disminuyan rápidamente en periodos de restricción alimenticia (6.5 a 9 meses de edad), la programación de funciones neuroendocrinas que regulan la maduración reproductiva parece ya haber sido establecida (Cardoso et al., 2014).

Por lo tanto, la aceleración postnatal nutricional de la pubertad en vaquillonas es mediada por alteraciones en el sistema neuroendocrino que

también podrían facilitarse por la programación temprana de tejido adiposo (Cardoso et al., 2014).

A pesar de que las vaquillonas son más sensibles a la aceleración de la pubertad nutricional en edades tempranas (4 a 6,5 meses de edad), los enfoques de gestión que se centran en el aumento de la disponibilidad de nutrientes en torno a los 6 a 9 meses de edad puede potencialmente adelantar el tiempo de maduración reproductiva de modo que se demostró que la mayoría de vaquillonas de reemplazo han llegado a la pubertad entre los 11 a 14 meses de edad (Cardoso et al., 2014).

Por otra parte, si las vaquillonas se desarrollan en un régimen nutricional controlado basado en períodos de restricción y realimentación, se producen mejoras significativas en la eficiencia del crecimiento y el rendimiento de toda la vida de lactancia (Cardoso et al., 2014).

Siguiendo con esta línea, datos reportados por Cuadrado (2010) comprobaron que terneras alimentadas en un plano nutricional alto entre los 2 a 5 meses de edad tienen una composición corporal adecuada para alcanzar la pubertad antes que las alimentadas en planos nutricionales medios y bajos.

En resumen, los experimentos de Gasser et al. (2006a), Cardoso et al. (2014) proporcionan evidencia de que los cambios en la nutrición y estado metabólico durante el periodo juvenil temprano pueden programar el comienzo de la pubertad que ocurre meses más tarde, permitiendo un momento óptimo de maduración sexual en vaquillonas de carne para reemplazo.

2.2.2.5. Crecimiento compensatorio

Los animales nutridos deficientemente dentro de ciertos límites en determinado momento de su vida y luego sometidos a un régimen alimentario abundante, pueden expresar aumentos de peso superiores a los logrados por animales que no tuvieron deficiencias nutricionales. Este mecanismo de autodefensa para alcanzar el peso normal es el llamado crecimiento o aumento compensatorio (Bavera et al., 2005a).

Existen dos mecanismos de compensación, completa y parcial. La primera ocurre cuando en la fase de realimentación el animal que ha sido restringido en su alimentación alcanza el mismo peso que aquellos que no han sufrido restricción alguna, y la segunda se presenta cuando son incapaces de alcanzar el mismo peso (Ojeda et al., 2007).

Según Frick y Borges (2003) se puede considerar una ganancia diaria de 0.250 kg/día como un valor de ganancia invernal “umbral” por debajo de la cual existe crecimiento compensatorio. Por otro lado, Ryan, citado por Ayala et al. (2008b), demostró que la duración de la compensación es directamente proporcional a la severidad de la restricción. Al aumentar la severidad de la restricción es probable que aumente el largo del periodo compensatorio, más que la tasa de crecimiento durante la compensación.

Cualquier reducción en la performance animal antes del destete es muy difícil de superar, particularmente si fue basada en una restricción proteínica (Bagley, 1993). Después del destete, los animales para carne han demostrado la habilidad de usar rápida y eficientemente el fenómeno de crecimiento compensatorio (Rompala et al., Berge et al., citados por Bagley, 1993). La proteína no puede ser privada en vaquillonas de reemplazo ya que las compensaciones para estas deficiencias son pobres (Bagley, 1993).

Por otro lado, según Flores y Sampedro (2013), son necesarias ganancias de peso constantes durante todo el período de recría para lograr un desarrollo armónico de los órganos genitales, ya que en el desarrollo genital no hay efecto compensatorio.

2.2.3. Genética

Plasse, citado por Faure y Morales (2003a), reportó que la presencia de la pubertad y primer parto a edades más avanzadas del ganado *Bos indicus* comparado con el *Bos taurus* es independiente del sistema de alimentación. La causa de esto, según Faure y Morales (2003b), radica en el aparato neurofisiológico que controla el ciclo reproductivo; existiendo así una diferencia racial en el tamaño del cuerpo lúteo, la secreción de progesterona y la liberación de LH en respuesta a las altas concentraciones de estradiol. Según González-Padilla (1978) dentro del ganado *Bos Taurus* en general se puede concluir que las vaquillonas Angus son más precoces que las Hereford y que las Charolais.

La pubertad en bovinos también es afectada por la heterosis o vigor híbrido (González-Padilla, 1978). Según lo demostrado por investigadores parece ser que los animales de raza pura alcanzan la pubertad más tarde que los cruzados (Araujo, 2004). Gregory et al. (1979) concuerdan con estos resultados concluyendo que el cruzamiento de razas de aptitud carnífera suele lograr la pubertad a edades más tempranas dado por un efecto propio de la heterosis.

Según Araujo (2004) las afirmaciones de precocidad de las cruzas y de razas *Bos taurus* deberán ponderarse en relación con los efectos de las hormonas, la nutrición y el ambiente, antes de hacer cualquier predicción en cuanto a la edad o peso en que se llega a la pubertad.

También es importante destacar que dentro de una misma raza pueden existir variaciones de peso a la pubertad, debidas principalmente al manejo nutricional previo o a diferencias en tamaño adulto que implican requerimientos diferentes (Quintans y Roig, 2008b). Esto no quiere decir que con el incremento de tamaño de los animales se vea afectada la fertilidad de los mismos, simplemente que si el 70% de lo que consume un animal se destina a mantenimiento, un animal con un tamaño adulto mayor, requerirá mayor alimentación para cumplir con sus necesidades básicas (Quintans, 2008a).

Normalmente se cree que las características reproductivas tienen baja heredabilidad, y por esa razón son difíciles de mejorar a través de la selección dentro de razas. Sin embargo, estudios nacionales y extranjeros sugieren que la heredabilidad puede ser mayor de lo que se cree para algunas características reproductivas (Urioste, 2008).

Un número importante de investigadores citados por Urioste (2008) indican el uso de fecha de parto como la medida reproductiva de selección más adecuada, especialmente cuando se practica el apareamiento restringido. Esta medida es fácilmente registrable, y económicamente importante porque terneros más pesados al destete están normalmente asociados con fechas tempranas de parto. La edad a la pubertad también puede ser utilizada como criterio de selección ya que es un buen indicador de la fertilidad y la eficiencia reproductiva (Faure y Morales, 2003b) y su heredabilidad estimada es elevada (0.40), comparada con otros rasgos reproductivos (Faure y Fernández, 1998).

2.2.4. Factores ambientales y bioestimulación

El ambiente animal se ve afectado por factores climáticos que incluyen la temperatura, humedad, viento y precipitaciones. Todo clima extremo alterará la transferencia de energía entre el animal y el medio ambiente y pueden afectar negativamente la reproducción. La variación estacional del medio ambiente, la nutrición y el manejo, alteran la actividad estral y la duración del estro (Domínguez, 2013).

Varios investigadores, según Araujo (2004), comprobaron que la alta temperatura ambiental influye en el retardo de la pubertad. Este factor parece ejercer tanto efectos directos como indirectos sobre este proceso. Influye directamente ejerciendo un efecto notorio sobre el pico preovulatorio de LH e

indirectamente deprimiendo el consumo de alimento a través de un efecto negativo sobre el centro del apetito en el hipotálamo.

Ramos, citado por Araujo (2004) demostró que en vaquillonas criadas a temperatura constante de 26.7°C la pubertad se manifestaba a los 13.3 meses, en tanto que a 10°C la pubertad se manifestaba a los 10 meses. A su vez, autores citados por Faure y Fernández (1998) sostienen que las temperaturas elevadas disminuyen la duración e intensidad del celo y éstas si se mantienen por encima de 28°C (especialmente si el estrés es prolongado) conducen a una reducción del índice de crecimiento de los bovinos.

El fotoperiodo no es un factor de gran importancia para la vaca, considerándose a la vaca como una especie que tiene reproducción no estacionaria (Faure y Morales, 2003a) existiendo conclusiones antagónicas en ciertas investigaciones. Según Schillo et al. (1992b) a pesar de que no son reproductores estacionales, varios experimentos han descrito variaciones en la actividad reproductiva de los bovinos a lo largo del año.

Grass et al., citados por Araujo (2004) determinaron que vaquillonas nacidas en primavera y con un nivel nutricional alto durante su crianza alcanzan la pubertad a una edad más temprana debido a que durante su época de maduración no pasaron un invierno, explicado en términos de la extensión del fotoperiodo. Esto concuerda con datos reportados por Hafez (1996) que indican que las condiciones invernales durante el periodo prepuberal retrasan la pubertad.

En contraposición a los autores anteriores, Schillo et al. (1992b), concluyen que los nacimientos de otoño y exposiciones a condiciones primaverales luego de los 6 meses de edad reducen la edad a la pubertad. También Senger, citado por Quintans y Roig (2008b) sostiene que existe evidencia que terneras nacidas en otoño tienden a alcanzar la pubertad antes que las nacidas en primavera.

Hansen, citado por Schillo (1992a) indicó que las discrepancias entre los experimentos que intentaban encontrar efectos estacionales en la entrada a la pubertad en vaquillonas pueden ser atribuidas a varios factores. Primero, porque el desarrollo sexual en vaquillonas ocurre durante varias estaciones, llevando a la confusión entre la estación de nacimiento y la estación de las subsecuentes etapas del desarrollo. Indica también que vaquillonas con una propensión genética de alcanzar la pubertad a edades más tempranas pueden estar diferentemente afectadas por la estación de nacimiento que aquellas que alcanzan una pubertad más tardía. Además, otras variables ambientales, como la nutrición, pueden estar interactuando con la estacionalidad en la influencia en

la llegada a la pubertad (Little et al., Grass et al., citados por Schillo et al., 1992b).

La bioestimulación, o efecto macho, se define como el estímulo provocado por la presencia de machos, induciendo el estro y la ovulación mediante estímulos genitales, feromonas u otras señales químicas (Chenoweth, citado por Fiol et al., 2008). Este estímulo ha sido identificado por Quintans y Roig (2008b) como un factor que podría adelantar el comienzo de la actividad reproductiva.

En este sentido, los resultados del estudio realizado por Fiol et al. (2008), permiten afirmar que la bioestimulación resulta una herramienta efectiva para lograr el adelanto del inicio de la pubertad en vaquillonas prepúberes de 12 meses de edad, en comparación a las hembras que se mantienen aisladas. La respuesta estaría relacionada positivamente con el mayor peso corporal de las hembras al inicio de la exposición, y con mayor vínculo físico con machos.

Más específicamente, Ferreira de Cuadros y Piva Lobato (2004) sugieren la existencia de un peso mínimo de las vaquillonas necesario para lograr una respuesta positiva a la bioestimulación en el adelanto de la pubertad. Roberson et al. (1991), exponiendo vaquillonas prepúberes con diferentes tasas de crecimiento al toro, encontraron que las feromonas del macho aceleran el ciclo ovárico funcional en las vaquillonas, y por ende se incrementa la proporción de éstas que llegan a la pubertad entre los 12 a 14 meses de edad.

Referente a esto, Bronson y Manning (1991) postularon que el mecanismo endocrino que explica el adelanto de la pubertad ante el estímulo de la feromona es la inducción de la maduración del sistema de retroalimentación positiva que controla la función ovárica. Según Vandermark y Hays, citados por Faure y Fernández (1998), se sabe que exhibir el toro a una vaca en celo produce aumento de la motilidad uterina y adelanta el momento de la ovulación.

En contraposición, Wehrman et al. (1996) afirman no haber observado una influencia positiva de la presencia del macho en la edad de aparición de la pubertad en vaquillonas.

Según Izard y Vandenberg (1982) existe otro efecto distinto de bioestimulación que se generaría por el manejo conjunto de hembras cíclicas y hembras prepúberes, en el que las primeras ejercerían un estímulo positivo sobre la ciclicidad de aquellas hembras que aún no habían comenzado la pubertad.

2.3. ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN PARA VAQUILLONAS DE REEMPLAZO

Han sido varios los trabajos realizados evaluando el efecto de distintas estrategias de alimentación sobre la entrada a la pubertad, siendo muy amplios los resultados. Dichos trabajos han cambiado su enfoque a través de los años, abarcando tanto diferencias en la composición de la dieta como el momento en el cual es más influyente un mayor suministro de energía. Más recientemente se ha enfocado en la nutrición a edades tempranas, lo cual trae aparejado la aplicación de nuevas tecnologías como el destete precoz y el creep-feeding.

En el cuadro No. 1 se resume la información de aquellos experimentos encontrados que contienen el dato de edad y peso a la pubertad, ordenados en forma cronológica. Éstos, fueron obtenidos utilizando diferentes estrategias de alimentación las cuales se diferencian en el tipo y cantidad de alimento suministrado (generando diferentes tasas de ganancias) así como también el momento en el que era proporcionado.

Cuadro No. 1. Edad y peso a la pubertad según distintas estrategias de alimentación ordenados cronológicamente (resumen de trabajos experimentales)

Dieta	Raza	Ganancias promedio	Período de alimentación	Edad		Peso vivo		Autor
		(kg/día)		(días)	P valor	(kg)	P valor	
RTM	AAxH	0.28	Primer invierno	433	<0.01	238	Sd.	1
		0.45		411		248		
		0.68		388		259		
RTM	1/4AA 1/4 H 1/4RP 1/4PZ	0.3	desde 8 meses	435±9	<0.01	221±3	<0.003	2
		0.9		372±7		263±7		
RTM	AAxH	0.25/1.14	de 7 a 10.7 meses/de 10.7 a 12.3 meses	384.3 a	>0.01	315.2a	>0.01	3
		0.44/0.97		387.9 a		330.6a		
RTM	AAxH	0.05/1.32	de 7 a 10.7 meses/de 10.7 a 12.6 meses	406.9 a	<0.01	315.5a	>0.01	4
		0.39/0.74		386.3 b		314,0a		
RTM	AAxH	0.72	30 días preservicio	446 a	<0.05	320 b	<0.05	5
		0.56	30 días preservicio	437 ab		287 a		
		0.77	60 días preservicio	422 b		289 a		
		0.46	60 días preservicio	444 a		301 a		
RTM	AAxH	0.85	60 días preservicio	489 a	0.53	322 a	0.3	6
		0.91		471 a		312 a		
		0.22		489 a		306 a		

Sd.: sin dato. 1) Short y Bellows (1971); 2) Bergfeld et al. (1994); 3) Lynch et al. (1997) año 1; 4) Lynch et al. (1997) año 2; 5) Ciccioi et al. (2005) exp 1; 6) Ciccioi et al. (2005) exp 2(año 1).

Cuadro No. 1. Continuación

Dieta	Raza	Ganancias promedio	Período de alimentación	Edad		Peso vivo		Autor
		(kg/día)		(días)	P valor	(kg)	P valor	
RTM	AAxH	0.83	60 días preservicio	449 b	<0.03	317 a	0,3	7
		0.87		435 a		310 a		
		0.51		459 b		310 a		
CN	HxH y HxAA	0.116	primer invierno	498.5±10.65 a	<0.01	278.3±11.83 a	<0.01	8
CN Mejorado		0.398		463.8±7.35 b		294.8±8.16 a		
CN	AAxH	-0.22	primer invierno	486±21.2 a	<0.05	246±17.5a	<0.05	9
CN Mejorado		0.116		466,2±9.5 a		277.8±7.8 ab		
		0.65		452,5±6.1 a		294±5.0b		
CN	AAxH o 3/4Hx 1/4A A	0.134	primer invierno	488±27 a	<0.05	228.4±24.3a	<0.05	10
CN Mejorado		0.385		447±12 a		255.8±10.3a		
		0.535		434±13 a		264±11.8a		
RTM	AAxSim	1/1.4	4,2 a 6,5 meses/6.5 a 13.4 meses	271±17 a	<0.05	Sd- sin diferencia entre trat	Sd.	11
		1/1		283±17 a				
		0.6/1.3		304±13 ab				
		0.6/0.8		331±11b				
RTM	AAxSim	1.27	2.4 meses hasta pubertad	262±10 a	<0.01	327±17 a	<0.05	12
		0.85		368±10 b		403±23 b		

Sd.: sin dato. 7) Ciccioli et al. (2005) exp 2 (año 2); 8) Barreto y Negrín (2005); 9) Straumann (2006); 10) Costa et al. (2007); 11) Gasser et al. (2006a); 12) Gasser et al. (2006b).

Cuadro No. 1. Continuación

Dieta	Raza	Ganancias promedio	Período de alimentación	Edad		Peso vivo		Autor
		(kg/día)		(días)	P valor	(kg)	P valor	
RTM	AAx Sim	1.19	3.5 meses hasta pubertad	252±9 a	<0.0 5	382±1 3	Sd.	13
		1.03		308±2 6 b				
		1.07	7 meses hasta pubertad	330±2 5 b				
RTM	AAx Sim	1.1	4 meses hasta pubertad	275±3 0 a	<0.0 5	310±1 3	Sd.	14
		0.7		385±1 4 b				
RTM	1/2A A 1/4C H 1/4T	0.65	6 a 12.5 meses	404 a	<0.0 5	327 b	<0.0 5	15
		0.53		428 b		309 a		
DP	H	0.6	2 a 5 meses	495±1 5 b	<0.0 5	289±6 b	<0.0 5	16
Al pie de la madre		0.7		477±6 ab		290±6 b		
Creep Feeding		1		462±9 a		314±6 a		

Sd.: sin dato. 13) Gasser et al. (2006c); 14) Gasser et al. (2006d); 15) Roberts et al. (2009); 16) Cuadrado (2010).

Cuadro No. 1. Continuación

Dieta	Raza	Ganancias promedio	Período de alimentación	Edad		Peso vivo		Autor
		(kg/día)		(días)	P valor	(kg)	P valor	
DP	H	0,470 ± 0,04	2 a 5 meses	471±1 3 c	<0.05	295± 11 a	Sd.	17
Al pie de la madre		0,691 ± 0,04		437±1 3 b		304± 10 a		
Creep-feeding		0,917 ± 0,04		397±1 3 a		306± 7 a		
DP	H	0.75±0.03	2.5 a 5.3 meses	526±7. 2 b	<0.07	Sd.	Sd.	18
Al pie de la madre		0.86±0.03		484±3. 4 b				
Creep-feeding		1.25±0.03		472±8. 0 a				

Sd.: sin dato. 17) Viñoles et al. 2014. 18) Guggeri et al. (2014).

Barreto y Negrín (2005) trabajando con vaquillonas de destete convencional (HxH y HxAA) de 145.5 kg promedio pastoreando campo natural mejorado, establecieron dos tratamientos con diferente asignación de forraje invernal (6 vs. 18%); presentando un grupo pérdidas (PPI) y el otro ganancias (GPI). Las ganancias diarias reales obtenidas durante el invierno fueron significativamente distintas (0.398 ± 0.018 kg vs. 0.116 ± 0.018 kg; $p < 0.0001$). Durante la primavera las ganancias no difirieron significativamente, pero sí lo hicieron en verano, teniendo mayores ganancias las que habían estado restringidas en el invierno. En cuanto a la edad y el peso a la pubertad, los tratamientos no difirieron en peso (278.3 ± 11.83 kg vs. 294.8 ± 8.16 kg, $p > 0.01$, para PPI y GPI respectivamente), pero sí lo hicieron en la edad, siendo las que ganaron más en el invierno las más jóvenes a la pubertad (498.5 ± 10.65 días vs. 463.8 ± 7.35 días; $p < 0.01$). Un experimento similar fue realizado por Costa et al. (2007) sobre terneras de 138.7 kg promedio, con tratamientos de ganancia de peso baja de 0.134 kg/día, ganancia de peso media de 0.385 kg/día y ganancia de peso alta de 0.535 kg/día durante el periodo invernal, donde la edad y peso a la pubertad no difirieron según tratamiento ($p > 0.05$).

Straumann (2006) trabajó sobre vaquillonas AAxH (destetadas convencionalmente) en tres tratamientos diferentes de manejo invernal de 100 días de duración, cada uno constando de 12 animales (peso promedio al inicio 155 kg): un tratamiento perdiendo peso -0.220 ± 0.04 kg/día (T), un grupo manteniendo peso 0.116 ± 0.03 kg/día (M) y otro ganando 0.650 ± 0.03 kg/día (G). Los tratamientos no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en días a la pubertad. Este autor destaca que los resultados están fuertemente influenciados por el bajo número de animales evaluados en cada tratamiento, a lo que se agrega que en el grupo de terneras sometidas a pérdidas de peso durante el período invernal, solo un animal entró en pubertad dificultando el análisis estadístico entre tratamientos. Sí se encontraron diferencias en cuanto al peso a la pubertad entre los tratamientos T y G (246 ± 17.5 kg y 294 ± 5.0 kg, respectivamente), pero ninguno se diferenció significativamente del tratamiento M (277.8 ± 7.8 kg) con un $p < 0.05$.

En estos tres trabajos nacionales se evalúan diferentes estrategias durante el invierno que son representativas de los sistemas criadores extensivos nacionales. Éstos, concluyen que son las ganancias invernales las que más influyen sobre la edad a la pubertad pero lo hacen sin evaluar el posible efecto que pueda tener la alimentación en las estaciones previas al invierno.

Bergfeld et al. (1994) trabajando con terneras de destete convencional (1/4 Angus, 1/4 Hereford, 1/4 Red Poll y 1/4 Pinzgauer) evaluaron la edad y peso a la pubertad variando el nivel de energía en la dieta. La dieta fue diseñada para ganar 0.9 kg/día o 0.3 kg/día durante todo el período experimental. Los animales que recibían la dieta con mayor contenido energético alcanzaron la pubertad a una edad más temprana y con mayor peso que las vaquillonas alimentados con la dieta con bajo contenido de energía (372 ± 7 vs. 435 ± 9 días de edad a la pubertad, respectivamente, $p < 0.003$ y 263 ± 7 vs. 221 ± 3 kg, respectivamente, $p < 0.01$).

Buskirk et al. (1995) trabajando con terneras AA y AAxH desde el destete (192 kg promedio) hasta el entore a dos niveles distintos de alimentación: pastoreando festuca y suplementadas con maíz a razón de 3.68 kg (H) o 2.99 kg (L) por animal por día, encontraron que aproximadamente un 10% más de vaquillonas del tratamiento H alcanzaron la pubertad antes del inicio del periodo de servicio (70.9 vs. 61.3%). Las ganancias medias diarias del periodo fueron de 0.62 kg para el tratamiento H y de 0.43 kg para el tratamiento L.

Roberts et al. (2009) realizaron un estudio sobre la performance reproductiva en vaquillonas (1/2 Red Angus, 1/4 Charolais y 1/4 Tarentaise) alimentadas desde los 6 meses (2 meses después de ser destetadas) hasta los

12.5 meses de edad con una misma dieta de manera *ad libitum* (control) o de manera restringida (80% de lo que consume el tratamiento control) en tres años de evaluación. Las vaquillonas restringidas consumieron 27% menos en el período y tuvieron menores ganancias diarias promedio (0.53 ± 0.01 vs. 0.65 ± 0.01 kg; $p < 0.001$) que las control. La proporción de vaquillonas que llegaron a la pubertad a los 14 meses tendió a ser menor en el grupo de alimentación restringida (60 vs. 68%; $p = 0.1$) y el peso promedio en dicho momento fue menor en vaquillonas con restricción en la alimentación (309 vs. 327 kg; $p < 0.01$) que en las control para los 3 años de evaluación. En el primer y tercer año, las vaquillonas control alcanzaron la pubertad más jóvenes que las restringidas ($p < 0.05$) con una edad de 417 vs. 426 días en el primer año y 401 vs. 431 días en el tercero.

Los anteriores tres experimentos se centraron en la utilización de diferentes dietas sin estudiar un momento determinado. Todos los trabajos son consistentes en cuanto a los resultados, dietas más concentradas que promuevan mayores ganancias adelantan la edad a la pubertad.

También se han realizado experimentos que evalúan el efecto que tiene la distribución de ganancias luego de un destete convencional sobre la edad y peso a la pubertad existiendo variaciones en los resultados.

Lynch et al. (1997) llevaron a cabo un experimento en dos años consecutivos, en donde vaquillonas AAxH, destetadas aproximadamente a los 8 meses de edad, fueron alimentadas de manera de ganar 0.45 kg/d durante todo el experimento (ganancias constantes) o 0.11 kg/d durante los primeros 112 días y 0.91 kg/d durante el periodo siguiente (47 o 56 días en los años 1 y 2 respectivamente; ganancias tardías). Los tratamientos no afectaron ni la edad ni el peso al inicio de la pubertad en el primer año, afectando en el segundo solo la edad (406.9 vs. 386.3 días en tratamiento de ganancias tardías y constantes respectivamente; $p < 0.01$). Menor cantidad de terneras del tratamiento de ganancias tardías estaban ciclando al momento del entore en los dos años, pero las diferencias solo fueron significativas en el segundo año (51.3 vs. 82.5%; $p < 0.01$).

Clanton et al. (1983) alimentaron terneras (AAxH) de destete convencional (200 días) desde los 45 días posdestete hasta el servicio, en tres grupos: 1) manteniendo el peso en la primera mitad del periodo y en la segunda ganando 0.91kg/día, 2) ganando 0.45 kg/día en todo el período y 3) ganando 0.91 kg/día en la primera mitad y manteniendo en la segunda. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la edad a la pubertad entre tratamientos siendo 403, 394 y 392 días respectivamente.

También se ha estudiado que la alimentación preservicio puede afectar la edad a la pubertad, en tal sentido, Ciccioli et al. (2005) realizaron dos experimentos con el objetivo de determinar los efectos de programas de suplementación energética y cantidad de almidón en la dieta sobre la edad a la pubertad. Fueron realizados con vaquillonas cruza (HxAA), difiriendo los tratamientos en contenido de almidón en la dieta, régimen (autoconsumo o acceso restringido) y extensión del período de alimentación. En el primer experimento, los tratamientos eran: 1) alimentación con acceso restringido a una dieta alta en almidón durante 60 días previos al servicio (HS60), 2) alimentación con acceso restringido a una dieta alta en almidón durante 30 días previos al servicio (HS30), 3) alimentadas con una dieta baja en almidón ofrecida en autoconsumo durante 30 días previos al servicio (LS30) y 4) un tratamiento control basado en pastoreo sobre campo natural con suplemento (42% de PC) a razón de 0.9 kg/día. Las vaquillonas HS60 llegaron antes a la pubertad ($p < 0.05$) que los demás tratamientos siendo los valores 446, 437, 422 y 444 días para los tratamientos LS30, HS30, HS60 y control respectivamente. En cuanto al peso solo las vaquillonas LS30 difirieron siendo más livianas a la pubertad ($p < 0.05$).

El segundo experimento fue repetido 2 años y consistía en 3 tratamientos con dietas que diferían el contenido de almidón y era suministrada durante 60 días preservicio: 1) tratamiento control, vaquillonas pastoreando campo natural con 0.9 kg/día de suplemento (42% de PC), 2) alimentadas con altos niveles de almidón con acceso restringido (80% del consumo estimado del tratamiento (HS60) y 3) alimentadas con una dieta con bajo contenido de almidón ofrecida en autoconsumo (LS60). Estos últimos dos eran isocalóricos e isonitrogénicos por lo que las ganancias eran similares. Los resultados fueron distintos según el año, en el primero no hubo diferencias en edad ni en peso a la pubertad, mientras que en el segundo, donde al empezar el experimento las vaquillonas eran más livianas que el año anterior, sí hubo diferencias siendo las HS60 14 días más jóvenes a la pubertad ($p < 0.03$). Los pesos no difirieron según tratamiento ($p = 0.3$) en ningún año de evaluación.

A partir de estos dos experimentos Ciccioli et al. (2005) concluyen que alimentar vaquillonas con una dieta alta o baja en almidón 30 días previos al servicio puede ser inadecuado para estimular la pubertad en vaquillonas. Sin embargo una dieta alta en almidón administrada 60 días preservicio puede incrementar la incidencia de la pubertad durante el servicio en vaquillonas que al año de edad tenían un peso inadecuado.

Más recientemente se ha comenzado a evaluar el efecto de diferentes ganancias a edades más tempranas (antes de los 5 meses). En la tesis de Cuadrado (2010) así como también en los trabajos de Guggeri et al. (2014),

Viñoles et al. (2014) se estudió el efecto de diferentes tasas de ganancia a edades tempranas sobre el desarrollo y la edad a la pubertad en terneras Hereford. En la tesis de Cuadrado (2010) se utilizaron terneras de 66 días de edad dividiéndose en tres grupos de diferente plano nutricional. El primero, plano nutricional bajo, destetadas a los 2 meses de edad y suplementadas al 1.5% del peso vivo hasta los 5 meses; el segundo, plano nutricional medio, permaneciendo al pie de la madre hasta los 5 meses y el tercero, plano nutricional alto, terneras suplementadas al pie de la madre desde los 2 a los 5 meses de vida (creep-feeding). Luego, hasta la pubertad, las terneras se manejaron de forma conjunta sobre un mejoramiento con trébol blanco y lotus a una AF de 4% de PV hasta el verano donde se aumentó la AF a 8%. Las terneras de alto plano nutricional tuvieron mayor peso vivo, altura de anca y frame a los 5 meses, diferencia que se mantuvo hasta los 18 meses ($p < 0.05$). Las terneras de alto plano nutricional alcanzaron la pubertad antes (462 ± 9 días) que las de plano medio (477 ± 6 días; $p = 0.06$) y bajo (495 ± 15 días; $p < 0.05$). Los pesos a la pubertad fueron significativamente mayores en vaquillonas con plano nutricional alto (314 ± 6 kg) que las de medio y bajo (290 ± 6 y 289 ± 6 kg respectivamente; $p < 0.05$).

Los trabajos de Guggeri et al. (2014), Viñoles et al. (2014) son muy similares al de Cuadrado (2010). En el trabajo de Guggeri et al. (2014) se utilizaron 46 terneras Hereford en tres tratamientos. El primero consistió en destete precoz a los 75 días y suplemento hasta los 158 días a razón de 1.5% de PV (GMD= 0.75 ± 0.03 kg/d), el segundo en destete tradicional a los 158 días (GMD= 0.86 ± 0.03 kg/d) y el tercero destete tradicional a los 158 días pero con suplemento desde los 75 hasta el destete a razón de 1.3% de PV (creep-feeding, GMD= 1.25 ± 0.03 kg/d). Los tres tratamientos pastorearon campo natural con una AF de 4% de PV y luego de los 158 días pastorearon de forma conjunta una pastura natural con una AF de 28% de PV y luego una pastura mejorada con una AF de 4% de PV. La pubertad fue alcanzada antes por el tratamiento de creep-feeding (472 ± 8.0 días) que en el tratamiento de destete precoz (526 ± 7.2 días, $p < 0.05$) y tendió a ocurrir antes que en el tratamiento de destete tradicional (484 ± 3.4 días, $p = 0.06$), no existiendo diferencias entre los tratamientos de destete precoz y tradicional.

El experimento de Viñoles (2014) fue realizado durante tres años consecutivos (2007-2010). Se utilizaron 151 terneras Hereford de 87 ± 15 kg de PV distribuidas al azar en uno de tres tratamientos: el primero, destete precoz (DP), terneras destetadas con dos meses de edad pastoreando CN a bajas cargas (2-3 terneras/ha) suplementadas a razón del 1.5% del PV hasta los 5 meses de edad (GMD= 0.470 ± 0.04 kg/día). El segundo, destete tradicional (DT) a los 5 meses de edad con creep feeding (DT+CF) suplementadas a razón de $1,5 \pm 0,1$ kg de suplemento (GMD= $0,917 \pm 0,04$ kg/día) y el tercero DT sin creep

feeding (DT-CF) (GMD= 0.691±0.04 kg/día). El suplemento fue el mismo para las terneras DP y DT+CF. A partir de los cinco meses de edad, las terneras pastorearon conjuntamente en avena (*Avena byzantina*) con una asignación de forraje de 6 kgMS/kgPV y fueron suplementadas con afrechillo de trigo peleteado al 1% del PV. La edad a la cual alcanzaron la pubertad fue menor en las terneras DT+CF (397±13 días), respecto a las DT-CF (437±13 días) y las DP (471±13 días), pero el peso con el cual la alcanzaron fue similar entre grupos (295±11, 304±10 y 306±7 para DP, DT-CF Y DT+CF respectivamente). El CF tuvo un efecto positivo sobre las tasas de crecimiento y de ganancia de peso de las terneras, lo que determinó que alcanzaran mayores pesos al destete, y la pubertad más temprano, que terneras DT-CF o DP.

Los trabajos de Cuadrado et al. (2010), Guggeri et al. (2014), Viñoles (2014), coinciden que vaquillonas con mayores ganancias durante los primeros 5 meses de edad alcanzan la pubertad a edades más tempranas, sin evaluar el manejo posterior.

Por otro lado, Gasser et al. (2006b, 2006c, 2006d) realizaron una serie de experimentos evaluando la edad a la pubertad en terneras destetadas precozmente y alimentadas con una dieta altamente concentrada o baja en energía hasta la pubertad. En el primero, Gasser et al. (2006b) alimentaron terneras (AAxSim) destetadas precozmente (72 días) hasta la pubertad con una dieta altamente concentrada (60% de grano de maíz) o con una dieta baja en energía (30% de grano de maíz) logrando ganancias de 1.27 o 0.85 kg/día respectivamente. Se obtuvieron diferencias según tratamiento para peso y edad a la pubertad siendo las que se habían alimentado con dietas altamente concentradas significativamente más livianas y más jóvenes a la pubertad (327 ± 17 vs 403 ± 23 kg/día; p<0.05 y 262 ± 10 vs. 368 ± 10 días; p<0,01). En otro experimento similar (Gasser et al., 2006c), se sumó a estos dos tratamientos un tercero que implicaba alimentar terneras destetadas normalmente con una dieta baja en energía (GMD=1kg). Las vaquillonas destetadas precozmente y alimentadas con dietas altamente concentradas (GMD=1.19kg) llegaron 56 y 86 días antes a la pubertad que aquellas alimentadas con dietas bajas en energía destetadas precozmente y destetadas normalmente, respectivamente (p<0.05), sin diferir estas últimas entre ellas.

En otro de los experimentos realizados por Gasser et al. (2006d) con el objetivo de determinar la relación entre la pubertad precoz y el momento en que ocurre la reducción del feedback negativo del estradiol, también fue medida la edad y peso a la pubertad. Se alimentaron vaquillonas AAxSim, destetadas a una edad de 83±2 días y 114±3 kg de peso, con una dieta altamente concentrada (60% maíz; H) o una dieta control (30% maíz; C). La pubertad precoz (menor a 300 días de edad) se presentó en 4 de 5 vaquillonas del

tratamiento alimentadas con alta cantidad de concentrado, mientras que en ninguna del tratamiento control. Las vaquillonas del tratamiento H alcanzaron la pubertad a una edad más joven ($p < 0.05$) que aquellas en el tratamiento control (275 ± 30 y 385 ± 14 días respectivamente) pero a un peso similar (promedio de 310 ± 13 kg).

Gasser et al. (2006b, 2006c, 2006d) concluyen a raíz de los trabajos que, la combinación de realizar destete precoz y luego alimentarlas con dietas altamente concentradas a base de grano de maíz es un método efectivo para acelerar el desarrollo reproductivo en vaquillonas de carne. Los resultados evidencian que el manejo de la dieta y crecimiento de las vaquillonas durante el desarrollo juvenil (desde los 2-3 meses de edad) puede proveer un control sustancial en la aparición de la pubertad (Gasser et al., 2006b). También indican que factores ambientales, incluyendo manejo y estatus nutricional, durante los primeros meses de vida, antes de la edad típica de destete (7 meses aproximadamente), posiblemente juegue un papel importante en el tiempo necesario para alcanzar la pubertad (Gasser et al., 2006c). Con el fin de evaluar si existe un momento que tenga mayor influencia en el desarrollo reproductivo se realizaron los siguientes experimentos que establecen diferentes distribuciones de ganancia asociadas a un momento de la vida del animal.

Gasser et al. (2006a) queriendo evaluar el efecto del momento de suministro de una dieta altamente concentrada sobre la entrada a la pubertad, trabajaron con vaquillonas AAxSim destetadas a los 112 ± 2 días de edad y 155 ± 3 kg de peso. Las mismas fueron alimentadas con una dieta altamente concentrada (60% maíz; H) o una dieta control (30% maíz; C) durante la fase 1 (edad promedio de 4.2 hasta 6.5 meses) y H o C durante la fase 2 (edad promedio de 6.5 hasta 13.4 meses), resultando en 4 tratamientos (HH, HC, CH, y CC). Las ganancias diarias promedio durante todo el experimento fueron mayores para las vaquillonas del tratamiento HH (1.2 ± 0.04 kg; $p < 0.05$), seguido por los tratamientos HC y CH (1.0 ± 0.03 y 1.0 ± 0.02 kg, respectivamente) los cuales no difirieron, y las vaquillonas del tratamiento CC obtuvieron las mínimas ganancias (0.7 ± 0.04 kg; $p < 0.05$). Las ganancias diarias de peso en la fase 2 fueron influenciadas por la dieta recibida en la fase 1 ($p < 0.05$), donde las vaquillonas alimentadas con la dieta H en la fase 1 obtuvieron mayores ganancias diarias durante la fase 2 que aquellas alimentadas con las dieta C durante la fase 1. La edad promedio a la pubertad para las vaquillonas en los tratamientos HH y HC (271 ± 17 y 283 ± 17 días, respectivamente) fue menor ($p < 0.05$) que para aquellas en el tratamiento CC (331 ± 11 días). La edad a la pubertad en el tratamiento CH (304 ± 13 días de edad) fue intermedio entre el resto de los tratamientos y no diferente de ninguno de ellos. Adicionalmente, la edad a la pubertad fue influenciada por la dieta en la fase 1 ($p < 0.05$), en donde

las vaquillonas del tratamiento H alcanzaron la pubertad antes que las vaquillonas del tratamiento C durante esta fase (277 ± 11 y 317 ± 11 días, respectivamente). El peso en el que alcanzaron la pubertad no difirió entre tratamientos. Sin embargo, las vaquillonas que experimentaron una pubertad precoz lo hicieron a un peso más liviano ($p < 0.05$) que las vaquillonas que alcanzaron la pubertad luego de los 300 días de edad (282 ± 7 y 367 ± 9 kg, respectivamente).

Cardoso et al. (2014) en un experimento reciente sobre terneras destetadas a los 3.5 meses de edad diseñaron un método nutricional que involucró alternaciones de períodos de restricción del consumo de alimento y consumo *ad libitum* centrándose en la programación del inicio de la pubertad. Fueron realizados cuatro tratamientos: 1) consumo limitado de alimento (CL) con una dieta basada en forraje para promover ganancias de 0.5 kg/día hasta los 14 meses de edad, 2) consumo de alimento con dieta alta en concentrado (CA) para promover ganancias de 1 kg/día hasta los 14 meses de edad, 3) en escalera (SS-1) con consumo de alimento *ad libitum* alto en concentrado hasta los 6.5 meses de edad seguido por el acceso restringido de una dieta alta en forraje para promover ganancias de peso de 0.35 kg/día hasta los 9 meses, luego nuevamente un consumo *ad libitum* de una dieta con alto concentrado hasta 11.5 meses y finalmente una ingesta restringida para promover ganancias de peso de 0.35 kg/día hasta los 14 meses y 4) en escalera (SS-2) misma secuencia que el tratamiento SS-1 revertida, es decir comenzando con un acceso restringido. El porcentaje de vaquillonas púberes en el grupo CL fue menor ($p < 0.05$) que el resto de los grupos durante el experimento. Aunque las vaquillonas en SS-1 fueron nutricionalmente restringidas entre 6.5 y 9 meses de edad, la proporción que estaba en pubertad a los 12 meses de edad no difirió ($p = 0.36$) del grupo de CA, con 80 y 70% en pubertad en SS-1 y CA, respectivamente. En contraste, la proporción de vaquillonas que entraron en pubertad a los 12 meses de edad en el grupo SS-2 (40%) fue menor ($p < 0.05$) que el grupo CA y SS-1. Sin embargo, a los 14 meses, el 90% de las vaquillonas en el grupo SS-2 alcanzó la pubertad, mientras que en el tratamiento CL sólo el 40% la había alcanzado. El grupo CL alcanzó la pubertad más tarde ($p < 0.05$) que el resto de grupos en el experimento. Además, en el tratamiento SS-2 vaquillonas alcanzan la pubertad más tarde ($p = 0.057$) que los tratamientos CA y SS-1, en estos últimos no fue diferente la edad media de inicio de la pubertad ($p = 0.63$). En cuanto al peso a la pubertad las SS-1 tendieron a ser más livianas ($p = 0.09$) que las CA (302.55 vs. 334.91 kg) y las SS-2 (317.47 kg) no fueron diferentes a los tratamientos SS-1 y CA.

Si bien estos últimos trabajos evalúan el momento en el cual el aporte de una dieta concentrada a lo largo de la vida del animal tiene mayor efecto, tales momentos estudiados no coinciden con los momentos de posible

intervención en los sistemas de producción uruguayos. En nuestros sistemas de producción cada vez se aplica más la tecnología de destete precoz (de 2 a 5 meses de edad) que puede ser realizada tanto a pasto como a corral y es realizada en el verano. A su vez en sistemas pastoriles en Uruguay, el invierno se torna un momento crítico por el bajo crecimiento de las pasturas naturales por lo que una estrategia para paliar dicha situación puede ser el encierro de animales en esta estación. Es por esto, que surge una interrogante en cuanto a cuál sería la mejor combinación de distintas estrategias de alimentación en dichas estaciones para la recría de vaquillonas de reemplazo.

2.4. PERFORMANCE REPRODUCTIVA

Al entorar vaquillonas por primera vez, se debe estar seguro que la edad cronológica se corresponda con la fisiológica, que presenten un desarrollo adecuado y que no solo hayan tenido celos, sino que estén ciclando normalmente de forma regular. Este aspecto cobra mayor importancia en el entore precoz a los 15 meses (Bavera, 2005b).

Muchas terneras que manifiestan la pubertad a una edad relativamente temprana, luego no continúan ciclando si tienen una alimentación irregular. En muchos casos transcurren dos o más meses entre el primer y segundo celo. Es por esto, que es muy importante que las terneras hayan entrado en celo por primera vez, pero lo es más el que hayan establecido ciclos estrales normales (Bavera, 2005b). Esto se torna aún más relevante cuando se tiene en cuenta que el número de ciclos estrales regulares antes de la fecundación está positivamente correlacionado con el porcentaje de concepciones (Byerley et al., 1987).

Las vaquillonas deben comenzar su primer período de entore con un desarrollo adecuado, esto permite que la mayoría queden preñadas en su primer celo dentro del período y no al final. Un nivel nutritivo inadecuado o insuficiente impide que muchas vaquillonas, por no entrar en celo, tomen servicio. Se debe tratar que todas las vaquillonas queden preñadas lo antes posible, logrando que sus terneros formen parte de la cabeza de parición. De esta manera se logra que tengan un intervalo parto-servicio lo más largo posible, superior al promedio del rodeo, disponiendo de suficiente tiempo para entrar en celo y aumentando sus posibilidades de quedar preñadas por segunda vez consecutiva (Bavera, 2005b).

Períodos de entore de sesenta días son suficientes para que vaquillonas que están bien desarrolladas queden preñadas. Una duración mayor permite que hembras subfértiles queden finalmente preñadas al tener

más de tres oportunidades de servicio. Es imprescindible eliminar del rodeo lo más temprano posible las hembras difíciles de preñar (Bavera, 2005b).

Eborn et al. (2013) realizaron un experimento con vaquillonas Angus y MARC II (1/4 Angus, 1/4 Hereford, 1/4 Simmental, y 1/4 Gelbvieh), asignándolas a uno de dos tratamientos: alimentadas con una dieta que les proporcionaba bajas ganancias (LG) o una dieta que les proporcionaba altas ganancias (HG), y así ganar 0.45 kg o 0.80 kg/d respectivamente. Todas fueron alimentadas desde los 8 a los 15 meses de edad, incluyendo los primeros 21 días del periodo de entore. El experimento se repitió 3 años consecutivos. Los resultados demostraron que una mayor proporción de vaquillonas del tratamiento HG vs. LG concibieron en los primeros 21 días del periodo de entore (64.4% vs. 49.2% \pm 3.8%, respectivamente; $p < 0.01$), pero los porcentajes de preñez totales no fueron afectados por los tratamientos (83.0% vs. 77.7% \pm 3.1%, respectivamente; $p > 0.10$). También se midió el STR, el cual no difirió ($p > 0.10$) a los 21 días del periodo de entore entre tratamientos (4.89 vs. 4.95 \pm 0.02, LG vs. HG respectivamente) en dos de los años. Sin embargo, el STR fue mayor para las vaquillonas diagnosticadas preñadas que las no preñadas (4.98 vs. 4.91 \pm 0.02 respectivamente; $p < 0.05$). Estos autores concluyen que reducidos crecimientos y condición corporal durante el periodo prepuberal y puberal pueden potencialmente retrasar la fertilidad. Agregan además que la permanencia en el rodeo de las vaquillonas que no concibieron a los primeros 21 días de entore puede estar comprometida debido a la presencia de partos tardíos en los subsecuentes años.

Short y Bellows (1971) demostraron asociaciones negativas entre el limitado crecimiento posdestete y la edad a la pubertad y preñez. Sin embargo en estudios posteriores se ha observado poca o nula influencia del crecimiento posdestete sobre el porcentaje de preñez (Buskirk et al. 1995, Lynch et al. 1997).

En tal sentido, en el experimento realizado por Roberts et al. (2009) descrito anteriormente, no se encontraron diferencias significativas en el día de concepción dentro del período de IA ($p = 0.18$) ni en el número de días promedio desde el inicio del servicio al parto ($p = 0.36$). El porcentaje de preñez final tampoco difirió significativamente siendo en promedio 87 y 91% para restringidas y *ad libitum* respectivamente ($p = 0.27$) sin embargo el porcentaje de preñez al mes de la IA fue mayor en vaquillonas que habían alcanzado la pubertad antes del inicio de la inseminación (58 vs. 39%, $p = 0.003$). Estos resultados se obtuvieron a partir de una sincronización para inseminar a los 14 meses y un posterior repaso con toro por 51 días. El día dentro del período de IA en el cual ocurrió la concepción estuvo asociado negativamente con la

ganancia media diaria desde el nacimiento al destete ($p=0.005$), pero no lo estuvo con la ganancia dentro del tratamiento ($p=0.60$) (Roberts et al., 2009).

En el experimento realizado por Buskirk et al. (1995), descrito en el ítem anterior, también se determinó el efecto de la alimentación posdestete sobre la performance reproductiva. El manejo del servicio implicó sincronización y posterior inseminación artificial de las vaquillonas, repaso con toro y a los 140 días de la IA un diagnóstico de preñez. Encontraron una asociación positiva entre peso al destete y ganancias posdestete, con la probabilidad de alcanzar la pubertad antes del servicio. Sin embargo, a pesar de que más vaquillonas que tuvieron mayor suplementación (H) eran púberes antes del comienzo del servicio (70.9 vs. 61.3%; $p < 0.05$), no hubieron diferencias significativas en el porcentaje de preñez, ni en el porcentaje de parición del primer servicio.

Retomando el trabajo realizado por Lynch et al. (1997), en el cual la edad a la pubertad solo difirió en el año dos del experimento siendo retrasada en las vaquillonas del tratamiento de ganancias tardías en comparación con las del tratamiento de ganancias constantes, son interesantes también los datos del desempeño reproductivo. La tasa de concepción al primer servicio de ambos tratamientos fue similar en el año uno (55.5 vs. 55.3%). En el año dos, las vaquillonas del tratamiento de ganancias tardías tendieron ($p=0.18$) a tener un incremento en la tasa de concepción al primer servicio comparado con las vaquillonas del tratamiento de ganancias constantes (71.1 vs. 56.4%). Por otro lado, no se observaron diferencias en ninguno de los dos años entre tratamientos ni en la edad promedio a la concepción ni en la tasa de preñez total al final del periodo de entore.

Menos vaquillonas del tratamiento de ganancias tardías estaban ciclando al inicio del periodo de entore en ambos años, aunque la diferencia solo fue significativa en el año dos (51.3 vs. 82.5%; $p < 0.01$). Las vaquillonas del tratamiento de ganancias constantes mantuvieron una ventaja en este aspecto a los 15 días de comenzado el periodo de entore en el año uno ($p < 0.05$) y a los 15 ($p < 0.01$) y 30 días ($p < 0.05$) en el año dos. A pesar de estas diferencias en ciclicidad relativa al momento del inicio de la época de entore, la edad promedio a la concepción no difirió entre tratamientos en ningún año. Estos resultados sugieren que la performance reproductiva no es afectada negativamente cuando el mayor porcentaje de peso es alcanzado en los 45 a 50 días antes del entore.

Lynch et al. (1997) encontró que estos datos concuerdan con los obtenidos por Clanton et al. (1983) quien trató vaquillonas de forma de ganar peso constantemente desde el destete hasta el entore o ganar la mayoría del peso en aproximadamente los últimos 90 días del periodo de desarrollo. En ese

estudio, la performance reproductiva global de las vaquillonas no fue afectada negativamente por las ganancias de peso tardías.

2.5. HIPÓTESIS

Terneritas nacidas en primavera y destetadas precozmente a los 2 meses de edad, que presentan alta ganancia de peso vivo en el pos destete, entre los 2 a 5 meses de edad (verano), serán más precoces a la pubertad que aquellas que ganan menos. Esta respuesta, sin embargo, podría verse modificada por el manejo invernal. Una alta ganancia invernal permitiría que terneras con menores ganancias entre los 2 y 5 meses de edad presenten similar edad a la pubertad que aquellas que presentaron mayores ganancias en dicho periodo. La estrategia de alimentación a través de su efecto sobre la edad a la pubertad afecta también la performance reproductiva al primer entore.

Terneritas alimentadas durante el invierno en confinamiento con dietas altamente concentradas, presentan mayor ganancia de peso vivo y eficiencia de conversión invernal, que aquellas pastoreando verdeos con alta oferta de forraje, sin embargo el manejo estival podría condicionar la respuesta.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL

El ensayo se realizó en la Estación Experimental “Dr. Mario Alberto Cassinoni” (E.E.M.A.C.) dentro de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (U.P.I.C.), Facultad de Agronomía a 32°22’37.04” latitud sur 58°02’26.40” longitud oeste. La misma se encuentra ubicada en el km 363.5 de la ruta nacional número 3 en el departamento de Paysandú, Uruguay.

El período experimental tuvo una duración de 233 días, llevándose a cabo desde el 16 de julio del año 2014 hasta el 6 de marzo del 2015.

3.2. INFORMACIÓN CLIMÁTICA

En el cuadro No. 2 se resume la información climática, con registros térmicos y pluviométricos, durante el periodo experimental obtenida a partir de la estación climática de la E.E.M.A.C.

Cuadro No. 2. Precipitaciones y temperaturas registradas durante el período experimental (16/07/2014 al 06/03/2015)

Estación	Precipitación (mm)	Temperatura media promedio (°C)	Temperatura mínima promedio (°C)	Temperatura máxima promedio. (°C)
Invierno (21/06-21/09)	307.3	13.8	8.8	19.2
Primavera (21/09-21/12)	565.9	20.2	14.6	26.1
Verano (21/12-21/03)	445.3	23.7	18.3	29.7

Fuente: datos obtenidos de la estación climática de la EEMAC

3.3. SUELOS

El área experimental se encuentra sobre la unidad San Manuel, cuyo material generador corresponde a la Formación Fray Bentos, donde predominan Brunosoles Éutricos Típicos (Háplicos). Estos se caracterizan por tener textura limo-arcillosa, horizontes diferenciados y drenaje moderado. Como suelos asociados se encuentran Brunosoles Éutricos Lúvicos y Solonetz. El relieve predominante es de pendientes moderadas y lomadas suaves (Durán, 1991).

3.4. ANIMALES

Se utilizaron 40 terneras raza Hereford pertenecientes al rodeo de la E.E.M.A.C., nacidas en la primavera del 2013 y destetadas precozmente en diciembre del mismo año a los 66.3 ± 12.9 días de edad y 76.4 ± 10.9 kg de peso promedio. Al destete las terneras habían sido asignadas al azar (estratificadas por peso vivo) a uno de dos sistemas de alimentación: alimentación a corral o suplementación energético-proteica sobre pradera durante el período enero-abril del 2014. En el primer sistema las terneras fueron alimentadas *ad libitum* con una RTM (ración totalmente mezclada, 84.1% digestibilidad, 19.8% PC). En el segundo, pastorearon una pradera de achicoria (*Cychorium Intybus*) y trébol rojo (*Trifolium Pratense*) de primer año con una asignación de forraje (AF) de 8% del PV y fueron suplementadas con una ración convencional (80% digestibilidad, 18% PC) a razón de 1% del PV. Las ganancias medias obtenidas durante este periodo fueron de 1.19 y 0.72 kg/día para los manejos a corral y pradera respectivamente. Una descripción más detallada del manejo de las terneras durante este periodo es presentada en el trabajo de tesis de Henderson et al.¹, Acuña et al.² para las destetadas precozmente a pasto y corral respectivamente.

Durante el otoño pastorearon en forma conjunta achicoria y trébol rojo con oferta de forraje no restrictiva (5kg MS/100 kg de peso vivo).

Al inicio del experimento las terneras provenientes de destete precoz a corral tenían un peso promedio de 211.2 ± 36.12 kg y las de destete precoz a pasto 188.4 ± 22.67 kg.

3.5. INFRAESTRUCTURA

Fueron utilizadas las instalaciones de confinamiento de la UPIC acondicionándose 20 corrales parcialmente techados de $18\text{m}^2/\text{animal}$ para la estabulación individual. Cada uno de estos corrales fue provisto de un comedero que consistió en un tanque de plástico de 200 litros cortado longitudinalmente generando un frente de ataque de 90cm y dos bebederos obtenidos con un corte transversal de los mismos tanques. Las terneras manejadas a pasto contaban con los mismos bebederos y en todos los tratamientos el agua fue suministrada *ad libitum*.

¹ Henderson, A.; Iribarne, R.; Silveira, B. 2014. Evaluación del sistema de autoconsumo para la suplementación de terneros de destete precoz pastoreando praderas durante el verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. s.p. (sin publicar).

² Acuña, M.; Lousteau, M.; Suárez, A. 2014. Efecto de la inclusión de WDG de sorgo en la dieta de terneras de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. s.p. (sin publicar).

Tanto la separación individual en corral como las parcelas semanales en la pradera fueron estructuradas mediante alambrado eléctrico.

En la figura No. 1 puede observarse un croquis detallado del corral con sus respectivas medidas.

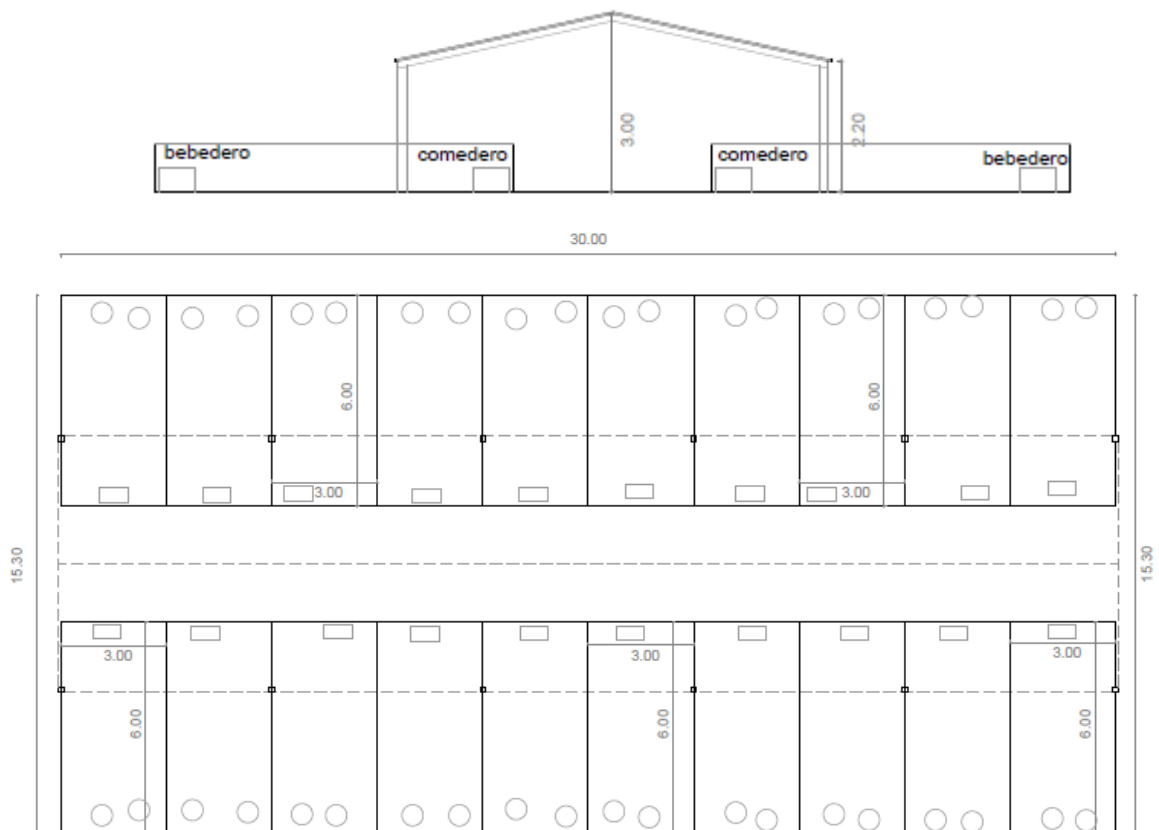


Figura No. 1. Croquis de las instalaciones del confinamiento

3.6. ALIMENTOS

Se utilizaron 32 ha. de *Avena byzantina* cv. RLE 115 ubicada en el potrero No. 6 de la UPIC. La misma fue sembrada el 7 de marzo con una densidad de 100 kg/ha y fertilizada con fosfato de amonio a razón de 100 kg/ha. Previo al comienzo del experimento fue pastoreada y refertilizada con 60 kg/ha de urea. La disponibilidad al momento de ingreso fue de 2708.8 kgMS/ha.

También fueron utilizadas 13 ha. de una pradera de achicoria (*Cychorium Intybus*) cv. comercial y trébol rojo (*Trifolium Pratense*) cv. E116 de

segundo año, ubicada en el potrero No. 3 de la UPIC. La misma fue refertilizada en el otoño del 2014 con 100 kg/ha de fosfato de amonio (18-46-0). La disponibilidad al momento de ingreso fue de 2736.5 kgMS/ha.

Fue formulada una ración totalmente mezclada (RTM) cuya composición se describe en el cuadro No. 3. Se dispuso también de heno de dactylis (*Dactylis glomerata*) de 91.55% de materia seca y 8.08% de PC.

Cuadro No. 3. Ingredientes de la RTM ofrecida a las terneras en confinamiento durante el invierno

Ingrediente	Proporción
Cáscara de arroz	7,97%
Afrechillo de trigo	22,22%
Expeller de girasol	11,85%
Grano de sorgo molido	27,20%
Grano de maíz molido	27,20%
Urea	0,93%
Zoodry feedlot	0,15%
Carbonato de calcio	1,48%
Sal común (Na Cl)	0,59%
Rumensin (10% monensina)	0,03%
Levadura beef-sacc	0,07%
Sulfato de Calcio	0,30%
Total	100,0%

3.7. TRATAMIENTOS

Las terneras provenientes de cada una de las dos estrategias de alimentación estival (pasto o confinamiento) fueron distribuidas al azar, previa estratificación por peso vivo, a uno de dos sistemas de alimentación invernal (pasto o confinamiento) dando como resultado 4 tratamientos en un arreglo factorial 2x2, cada tratamiento constituido por 10 repeticiones (animales).

Las terneras manejadas a corral durante el invierno fueron alimentadas *ad libitum* con la RTM descrita en el cuadro No. 3. Las terneras en pastoreo

fueron manejadas sobre avena en franjas semanales independientes por tratamiento, con una AF de 5 kg de MS/100kg de peso vivo (%PV). La alimentación diferencial del invierno comenzó el 16 de julio y culminó el 25 de setiembre.

En el cuadro No. 4 se resumen los diferentes manejos de verano e invierno que dan lugar a los cuatro tratamientos.

Cuadro No. 4. Manejo diferencial que recibieron terneras Hereford destetadas precozmente durante el verano e invierno

Tratamiento	Manejo	
	Verano	Invierno
Pasto-Pasto	Pasto	Pasto
Pasto-Corral	Pasto	Corral
Corral-Corral	Corral	Corral
Corral-Pasto	Corral	Pasto

3.8. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.8.1. Periodo pre experimental

Los tratamientos a corral durante el invierno tuvieron un período de adaptación a la nueva dieta y rutina de manejo determinado como pre-experimental. El mismo tuvo una duración de 23 días, del 23 de junio al 16 de julio.

La introducción a la nueva dieta fue realizada gradualmente, aumentando diariamente 0.3 kg de ración hasta el día 18, a partir del cual se comenzó a regular individualmente según lectura de comedero. Desde el día 1 al 14 el suministro de fardo fue de 1 kg por día, comenzando a partir de esta fecha a reducirse de a 0.2 kg cada dos días. De esta forma se llegó al comienzo del período experimental con todas las terneras alimentándose únicamente a ración.

En cuanto a la rutina de alimentación, se comenzó suministrando el alimento una vez por día durante la primer semana, en las siguientes dos se dividió en dos veces por día, y a partir del día 21 el suministro fue de 3 veces por día siendo esta metodología la definitiva.

Durante este periodo pre experimental, las terneras de manejo invernal a pasto ya se encontraban en la avena con una AF de 5% del PV, siendo manejadas con la metodología que sería la definitiva.

3.8.2. Período experimental

El procedimiento experimental difirió según el sistema de alimentación invernal.

En los dos tratamientos con pastoreo invernal, el ajuste de la asignación de forraje fue realizado cada 7 días, variando el tamaño de las parcelas de acuerdo a la última medición de peso vivo y a la disponibilidad de MS de forraje. Se realizó pastoreo en franjas de 7 días de ocupación, cambiando de franja por la mañana.

El manejo en el confinamiento para las restantes 20 terneras fue de forma individual asignándole diariamente una RTM *ad libitum*. La misma era ofrecida en tres momentos del día: a primer hora de la mañana (9:00 hs.), al medio día (13:00 hs.) y a última hora de la tarde (17:00 hs.). Este periodo de confinamiento tuvo una duración de 70 días, finalizando el 25 de setiembre del 2014.

Culminado el manejo invernal diferencial, las 40 terneras pasaron a tener el mismo manejo alimenticio durante el periodo primaveral (del 26/09/14 al 01/01/15) y el de inseminación artificial (o verano, del 02/01/15 al 06/03/15).

Desde el 26 de setiembre hasta el 10 de octubre los animales continuaron pastoreando avena en el potrero No. 6 de la UPIC. El resto de la primavera y durante todo el periodo de inseminación artificial pastorearon la pradera mezcla de achicoria y trébol rojo de segundo año, ubicada en potrero No. 3. El pastoreo se realizó en franjas semanales separadas por tratamiento al 5 % del PV, realizando el cambio de franja por la mañana.

3.9. MANEJO SANITARIO

Los animales fueron dosificados mensualmente con Ricovertm con el objetivo de controlar parásitos internos. A su vez, para identificar posibles irregularidades eran observados periódicamente todos los animales.

3.10. DETERMINACIONES

3.10.1. Pastura

3.10.1.1. Biomasa de forraje disponible y remanente

La disponibilidad de forraje fue determinada semanalmente en el área que se estimaba sería utilizada durante los siguientes 7 días a través de la técnica de doble muestreo de Haydock y Shaw (1975). La misma técnica se utilizó cada dos semanas, con una escala independiente, para determinar la biomasa remanente en cada parcela al retirarse los animales.

Se determinó una escala de tres puntos (donde 1 correspondía al menor y 3 al mayor grado de disponibilidad) con una repetición, utilizando un cuadrado de 30 por 30 cm (0.09 m²). El área fue muestreada arrojando 100 veces el cuadrado, y asignando puntaje de acuerdo a la escala anterior (en caso de ser necesario se asignaron puntajes intermedios). Se cortaron dos repeticiones de cada punto de la escala al ras del suelo. Las muestras fueron secadas en estufa hasta peso constante (48 hs. a 60°C) obteniéndose de esta forma el rendimiento en kg MS de cada punto de la escala. La disponibilidad promedio (kgMS/ha) fue estimada ponderando a partir de la frecuencia relativa de cada punto.

3.10.1.2. Altura de forraje disponible y remanente

La altura del forraje se midió semanalmente, determinándose en 5 puntos de la diagonal del cuadro en cada punto de la escala. Se midió con regla registrando el punto de la hoja viva más alta que toca la regla (sin extender). La altura media de la pastura fue estimada ponderando por la frecuencia de aparición de cada punto de la escala en el muestreo del área. A través de la misma metodología se midió la altura del forraje remanente cada dos semanas.

3.10.1.3. Calidad de forraje ofrecido y consumido

Semanalmente al momento de realizarse las mediciones de biomasa de forraje disponible, uno de cada 20 cuadrados tirados al azar, eran cortados al ras del suelo y conservados para la posterior determinación de la composición química de la pastura ofrecida.

Para la determinación de la calidad de forraje consumido, cada 14 días se realizó un muestreo mediante la técnica de “hand clipping” cortando en áreas sin pastorear, adyacentes a cada tratamiento, de forma de simular el residuo

observado luego del pastoreo. Esta técnica intenta simular el efecto de la selección en pastoreo.

Todas estas muestras fueron secadas en estufa hasta peso constante, molidas y enviadas al laboratorio para su análisis.

3.10.2. Calidad de ración ofrecida y consumida

Cada 14 días, se tomaron muestras de la RTM ofrecida y del rechazo, las que fueron secadas, molidas y enviadas al laboratorio para su análisis.

Para el caso del alimento ofrecido se envió a analizar una única muestra compuesta para todo el periodo, mientras que para el análisis de lo rechazado se envió una muestra compuesta por tratamiento. La determinación de la calidad de la ración consumida se estimó como la diferencia de lo ofrecido y lo rechazado.

3.10.3. Determinaciones en el animal

3.10.3.1. Peso vivo

Los animales fueron pesados cada 14 días, siempre temprano en la mañana, sin ayuno ni orden de ingreso predeterminado, mezclados todos los tratamientos.

Desde el 5 de setiembre hasta el 2 de enero, debido a la realización de mediciones reproductivas y con el fin de determinar el peso con el que las vaquillonas alcanzan la pubertad, esta actividad se realizó de forma semanal. Posteriormente fueron pesadas de forma mensual hasta culminado el periodo de inseminación.

3.10.3.2. Altura de anca y condición corporal

La condición corporal fue determinada en todas las pesadas de forma visual a partir de la escala de 8 puntos de Vizcarra et al. (1986).

La altura de anca fue medida con un metro cada 28 días hasta el 5 de setiembre y semanalmente luego de dicha fecha hasta el 2 de enero.

3.10.3.3. Utilización de forraje

Es la cantidad de forraje consumido en relación al forraje disponible. En este caso se tomó como forraje consumido todo lo desaparecido luego del

pastoreo. Se calculó a partir de los registros de disponibilidad y rechazo de cada repetición.

3.10.3.4. Consumo de forraje

El consumo de forraje fue estimado mediante el forraje desaparecido (método agronómico, Macoon et al., 2003) como la diferencia entre la biomasa de forraje disponible al momento de entrada a la parcela de pastoreo y el remanente una vez que los animales la abandonaban. Este procedimiento se realizó cada 14 días.

3.10.3.5. Consumo de ración

El consumo de alimento fue estimado de forma diaria e individual mediante la diferencia entre la cantidad de MS ofrecida y rechazada. El rechazo era medido a primera hora de la mañana, previo a la primer racionada.

3.10.3.6. Pubertad

El seguimiento de las vaquillonas para determinar la aparición de la pubertad se realizó desde el 12 de setiembre hasta el fin del periodo de inseminación. Esta determinación se basó en el RTS (Reproductive tract scoring, de Anderson et al., citado por Hall, 2005) y en la observación de comportamiento de celo. Adicionalmente se analizaron los niveles de progesterona en sangre de aquellas terneras que presentaban situaciones dudosas en cuanto a RTS.

- Caracterización del tracto reproductivo

La evaluación del desarrollo del tracto reproductivo se hizo mediante el sistema RTS (Anderson et al., citados por Hall, 2005). Este sistema estima la madurez sexual de los cuernos uterinos y de los ovarios, como se describe en el cuadro No. 6. El mismo se evaluó mediante tacto rectal o ecografía, dependiendo de la disponibilidad de los materiales al momento de su realización. Esta determinación se realizó del 12 de setiembre hasta el 21 de noviembre cada 15 días, y a partir de dicha fecha hasta el 26 de diciembre semanalmente. El aumento en la frecuencia de esta medición fue debido a que las vaquillonas presentaban en ese momento un desarrollo más avanzado.

Cuadro No. 5. Descripción del score del tracto reproductivo

Reproductive Tract Score	Cuernos Uterinos	Longitud (mm)	Alto (mm)	Ancho (mm)	Estructura ovárica
1	Inmaduro <20mm diámetro, sin tono	15	10	8	Folículos no palpables
2	20-25mm diámetro, sin tono	18	12	10	Folículos 8 mm
3	25-30mm diámetro, tono ligero	22	15	10	Folículos 8-10mm
4	30 mm diámetro, buen tono	30	16	12	Folículos 10mm, Posible Cuerpo Lúteo
5	>30mm diámetro, buen tono, erecto	>32	20	15	Folículos 10mm, Cuerpo Lúteo presente

Fuente: Anderson et al., citados por Hall (2005)

- Nivel de progesterona en sangre

El muestreo de sangre se comenzó a realizar semanalmente a partir del 5 de setiembre, finalizando el 26 de diciembre. La muestra era extraída de la vena coccígea, almacenada en un tubo que contenía anticoagulantes y centrifugada para posteriormente ser refrigerada. La centrifugación fue realizada durante 15 minutos a una velocidad media de 2500 a 3000 RPM.

Las muestras seleccionadas fueron enviadas al laboratorio para la determinación de progesterona en sangre. Esta hormona fue medida mediante el Test de Elisa que se basa en la reacción específica antígeno-anticuerpo utilizando enzimas como sustancias marcadoras (Díaz et al., 1997). Se consideraba que una vaquillona había alcanzado la pubertad cuando la concentración de P4 era mayor a 1ng/ml en dos muestras consecutivas.

- Observación de comportamiento de celo

A partir del 26 de setiembre se comenzó a observar diariamente el comportamiento de las vaquillonas durante 20 minutos, temprano a la mañana y a última hora del día, registrando posibles montas. Se registraban todas las vaquillonas que aceptaban la monta, ya que este comportamiento lo presentan aquellas que están en celo.

Durante el periodo de inseminación aquella vaquillona que se observaba con este comportamiento era inseminada 12 hs. después.

3.10.3.7. Preñez

El día 15 de mayo se realizó el diagnóstico de preñez mediante palpación rectal. El porcentaje de preñez fue definido por las asíntotas de las curvas de probabilidad de concepción de cada tratamiento. La fecha de concepción dentro del periodo de inseminación artificial de las vaquillonas preñadas, fue determinada con el registro de su última inseminación.

3.11. ANÁLISIS QUÍMICO

Las muestras compuestas enviadas a analizar para los tratamientos de corral invernal fueron de la ración ofrecida y de la ración rechazada de cada tratamiento. Para los tratamientos que pastorearon avena durante el invierno fue enviada una muestra compuesta de la avena ofrecida el 14/07/14, 11/08/14 y 09/09/14 y una muestra compuesta tomada mediante la técnica de Hand-clipping para cada tratamiento.

Los análisis químicos de los alimentos fueron realizados en el laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos. A través del sistema proximal de análisis de Weende se determinó materia seca (MS), cenizas (C) y proteína cruda (PC), y mediante el análisis de Van Soest (1982) se determinó fibra detergente neutro con amilasa y corregida por cenizas (${}_a\text{FDN}_{\text{mo}}$) y fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDA_{mo}). Todos los resultados fueron expresados en base seca.

3.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado mediante modelos correspondientes a un arreglo factorial de tratamientos, considerándose cada animal una unidad experimental excepto para el consumo de animales en pastoreo invernal en

donde fue medido por parcela. Se utilizaron diferentes procedimientos dentro del paquete estadístico SAS (SAS, 1999).

El efecto de los tratamientos sobre la GMD fue analizado usando un modelo de heterogeneidad de pendientes de medidas repetidas en el tiempo. Se estudió así la evolución de peso vivo en función de los 233 días del periodo experimental, en base al procedimiento MIXED con el siguiente modelo general:

$$Y_{ijklm} = \beta_0 + V_i + I_j + (VI)_{ij} + \varepsilon_{ijk} + \beta_1 d_l + \beta_{1i} V_i d_l + \beta_{1j} I_j d_l + \beta_{1ij} (VI)_{ij} d_l + \beta_2 PI_{ijk} + \delta_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} : Peso vivo

β_0 : Intercepto

V_i : efecto de la i-ésima alimentación estival (i= C, P)

I_j : efecto de la j-ésima alimentación invernal (j= C, P)

$(VI)_{ij}$: interacción entre alimentación estival e invernal

ε_{ijk} : error experimental

β_1 : es la pendiente promedio (ganancia diaria) del peso vivo (PV) en función de los días (d_l)

$\beta_{1i} V_i$: es la pendiente del peso vivo (PV) en función de los días (d_l) para cada alimentación estival.

$\beta_{1j} I_j$: es la pendiente del peso vivo (PV) en función de los días (d_l) para cada alimentación invernal.

β_{1ij} : es la pendiente del peso vivo (PV) en función de los días (d_l) para la combinación alimentación estival x invernal.

$\beta_2 PI_{ijk}$: es la pendiente que afecta la covariable PV al inicio

δ_{ijklm} : es el error de la medida repetida en el tiempo (dentro de animales).

El consumo de alimento, altura del anca y condición corporal fueron analizados utilizando el procedimiento MIXED de SAS tomando como base el siguiente modelo general:

$$Y_{ijklm} = \mu + V_i + I_j + (VI)_{ij} + \varepsilon_{ijk} + M_l + (VM)_{il} + (IM)_{jl} + (VIM)_{ijl} + \delta_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} : consumo de materia seca o altura del anca o condición corporal

μ : media general

V_i : efecto de la i-ésima alimentación estival (i= P, C)

I_j : efecto de la j-ésima alimentación invernal (j= P, C)

$(VI)_{ij}$: interacción entre alimentación estival e invernal

M_l : efecto de la l-ésima medición (l= 1, 2...n)

ε_{ijk} : error experimental

δ_{ijklm} : es el error de la medida repetida en el tiempo (dentro de animales).

El efecto de los tratamientos sobre el peso vivo y la edad a la pubertad fueron analizados utilizando el procedimiento GLM de SAS tomando como base los siguientes modelos generales:

$$\text{Peso: } Y_{ijk} = \beta_0 + V_i + I_j + (VI)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$\text{Edad: } Y_{ijk} = \beta_0 + V_i + I_j + (VI)_{ij} + \beta_1 FN_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} : Peso o edad a la pubertad
- β_0 : Intercepto
- V_i : efecto de la i-ésima alimentación estival (i= P,C)
- I_j : efecto de la j-ésima alimentación invernal (j= P,C)
- $(VI)_{ij}$: interacción entre alimentación estival e invernal
- $\beta_1 FN_{ijk}$: es la pendiente que afecta la covariable fecha de nacimiento
- ε_{ijk} : error experimental

Para analizar la variable RTS fue utilizado el procedimiento GENMOD de SAS tomando como base el siguiente modelo general:

$$\text{Ln } (P_{ijk}/1-P_{ijk}) = \beta_0 + V_i + I_j + (VI)_{ij}$$

Donde:

- $\text{Ln } (P_{ijk}/1-P_{ijk})$: Función Logit de la probabilidad (P) de que ocurra un determinado valor de la escala STR (k=1,2,3,4,5)
- β_0 : Intercepto
- V_i : efecto de la i-ésima alimentación estival (i= P,C)
- I_j : efecto de la j-ésima alimentación invernal (j= P,C)
- $(VI)_{ij}$: interacción entre alimentación estival e invernal

La probabilidad de que las vaquillonas fueran púberes en función de los días a partir de la fecha desde que la primer vaquillona presentó celo, fue analizada utilizando el procedimiento GLIMMIX de SAS tomando como base el siguiente modelo general:

$$\text{Ln } (P_{ij}/1-P_{ij}) = \beta_0 + V_i + I_j + (VI)_{ij} + \beta_1 d_i + \beta_{1i} V_i d_i + \beta_{1j} I_j d_i + \beta_{1ij} (VI)_{ij} d_i$$

Donde:

- $\text{Ln } (P_{ijk}/1-P_{ijk})$: Función Logit de la probabilidad (P) de que la vaquillona fuera púber
- β_0 : Intercepto
- V_i : efecto de la i-ésima alimentación estival (i= C,P)
- I_j : efecto de la j-ésima alimentación invernal (j= C,P)

$(VI)_{ij}$: interacción entre alimentación estival e invernal
 $\beta_1 d_1$: coeficiente de regresión en función de los días (d_i)
 $\beta_{1i} V_i$: coeficiente de regresión para el i-ésimo nivel de alimentación de verano en función de los días (d_i)
 $\beta_{1j} I_j$: coeficiente de regresión para el j-ésimo nivel de alimentación de invierno en función de los días (d_i)
 β_{1ij} : coeficiente de regresión en función de los días (d_i) para la combinación alimentación estival x invernal.

La proporción de vaquillonas inseminadas en cada intervalo (primeros 21 días, de los 21 a 42 días y posterior a los 42 días) dentro del periodo de inseminación fue analizada utilizando el procedimiento GLIMMIX de SAS tomando como base el siguiente modelo general:

$$\text{Ln} (P_{ij}/1-P_{ij}) = \beta_0 + V_i + I_j + (VI)_{ij}$$

Donde:

$\text{Ln} (P_{ijk}/1-P_{ijk})$: Función Logit de la probabilidad (P) de que la vaquillona se insemine dentro de ese intervalo

β_0 : Intercepto

V_i : efecto de la i-ésima alimentación estival ($i= P,C$)

I_j : efecto de la j-ésima alimentación invernal ($j= P,C$)

$(VI)_{ij}$: interacción entre alimentación estival e invernal

La probabilidad de que las vaquillonas concibieran en función de los días dentro del periodo de servicio fue analizada utilizando el procedimiento NLMIXED de SAS tomando como base el siguiente modelo general:

$$P = \beta_0 / (1 + e^{-(\beta_1 + \beta_2 t)})$$

Donde:

P: probabilidad de concepción

β_0 : Intercepto

β_1 : parámetro relacionados al intercepto

β_2 : parámetro que determina la velocidad de crecimiento de la curva

t: tiempo (días)

Cabe aclarar que para las variables reproductivas se tomó como diferencias significativas un $p < 0.1$ y para las restantes un $p < 0.05$.

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ALIMENTO

4.1.1. Disponibilidad y composición de la pastura

La disponibilidad y altura promedio de la avena al momento de entrada a la franja semanal fue de 2322.4 kgMS/ha y 26.09 cm para el tratamiento PP, y de 2637.9 kgMS/ha y 26.54 cm para el tratamiento CP. En cuanto a la evolución de la disponibilidad de ingreso de franja para ambos tratamientos, se puede decir que no presenta una tendencia clara, encontrándose el promedio siempre por encima de 2000 kgMS/ha. La evolución de la altura de ingreso para ambos tratamientos sí presenta una tendencia, aumentando con el tiempo y siendo en promedio siempre mayor a 20 cm.

En el cuadro No. 6 se detalla la disponibilidad y la altura de la avena al momento de ingreso de los animales a las franjas semanales, de cada tratamiento.

Cuadro No. 6. Disponibilidad (kgMS/ha) y altura (cm) de ingreso de las franjas semanales para los tratamientos pastoreando avena

	Variable	Semana					
		2	3	4	6	8	10
PP	Disp.	2669,2	1784,2	2313,4	2605,3	1677,7	2884,4
	Altura	25,09	18,22	24,575	29,27	23,86	35,526
CP	Disp.	3156,8	2311,4	2728,7	2186,6	2867,2	2576,6
	Altura	27,17	22,5	21,9	25,24	28,96	33,47

PP: Pasto – Pasto. CP: Corral – Pasto.

En el cuadro No. 7 se muestra la calidad de la avena, obtenida a través de análisis químico, en muestras tomadas al ras del suelo (ofrecido), donde se observa una tendencia de la proteína cruda a disminuir y de la fibra (FDN, FDA) a aumentar a medida que avanza la madurez de la pastura.

Cuadro No. 7. Calidad de la avena ofrecida a las terneras que pastorearon este verdeo durante el invierno.

	Composición (% BS)				
	MS	C	PC	aFDN _{mo}	FDA _{mo}
Calidad 14/07/14	92.40	14.41	13.07	52.96	26.14
Calidad 11/08/14	92.22	15.15	14.56	58.48	29.08
Calidad 09/09/14	93.18	15.40	11.74	57.45	29.55
Calidad promedio	92.60	14.99	13.12	56.30	28.26

MS: Materia Seca. C: Cenizas. PC: Proteína Cruda. aFDN_{mo}: Fibra Detergente Neutro con amilasa y corregida por cenizas. FDA_{mo}: Fibra Detergente Ácido corregida por cenizas.

4.1.2. Composición del alimento del corral

En el cuadro No. 8 se presenta la composición de la ración ofrecida en el corral así como la composición del rechazo, obtenido a través de un análisis químico.

Cuadro No. 8. Composición de alimentos suministrados a terneras en confinamiento durante el invierno

Tratamiento	Composición (% BS)				
	MS	C	P.C.	aFDN _{mo}	FDA _{mo}
Oferta ración	91.88	7.08	14.33	30.68	13.64
Rechazo Corral-Corral	93.33	7.78	14.83	23.94	11.47
Rechazo Pasto-Corral	91.86	8.02	15.03	29.89	13.89

MS: Materia Seca. C: Cenizas. P.C.: Proteína Cruda. aFDN_{mo}: Fibra Detergente Neutro con amilasa y corregida por cenizas. FDA_{mo}: Fibra Detergente Ácido corregida por cenizas.

4.2. CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO

4.2.1. Evolución de peso y ganancia diaria

En el cuadro No. 9 se resume la significancia de los efectos principales (V e I) y su interacción sobre las GMD estacionales.

Cuadro No. 9. Efecto del manejo alimenticio durante verano e invierno sobre las ganancias diarias de peso estacionales (kg/día)

Períodos	Invierno	Primavera	Verano (IA)	Promedio
Manejo estival (V)*	P=0.7089	P=0.3255	P=0.0946	P=0.0152
Pasto	1.003	0.738	0.404	0.567
Corral	0.969	0.648	0.323	0.473
Manejo invernal (I)**	P<0.0001	P=0.0002	P=0.2225	P=0.0858
Pasto	0.503	0.867	0.393	0.487
Corral	1.470	0.519	0.334	0.554
V x I	P=0.3479	P=0.4491	P=0.3934	P=0.4136
Corral-Corral	1.496 a	0.439 b	0.272 a	0.490 ab
Corral-Pasto	0.443 b	0.857 a	0.373 a	0.455 b
Pasto-Corral	1.444 a	0.599 b	0.395 a	0.617 a
Pasto-Pasto	0.563 b	0.878 a	0.413 a	0.518 ab

*Período postdestete precoz (2 a 5 meses de edad). ** Período de 9 a 12 meses de edad. a, b: Letras distintas en la misma columna difieren significativamente ($p < 0.05$).

La GMD invernal fue mayor en aquellas terneras que estaban en confinamiento durante esta estación. El manejo de verano no afectó ninguna de las GMD estacionales, tampoco se observó interacción con el manejo invernal. El manejo de invierno también afectó las GMD durante la primavera, siendo mayores en las vaquillonas que se encontraban pastoreando avena.

En la figura No. 2 se presenta la evolución de peso según tratamiento para todo el periodo experimental.

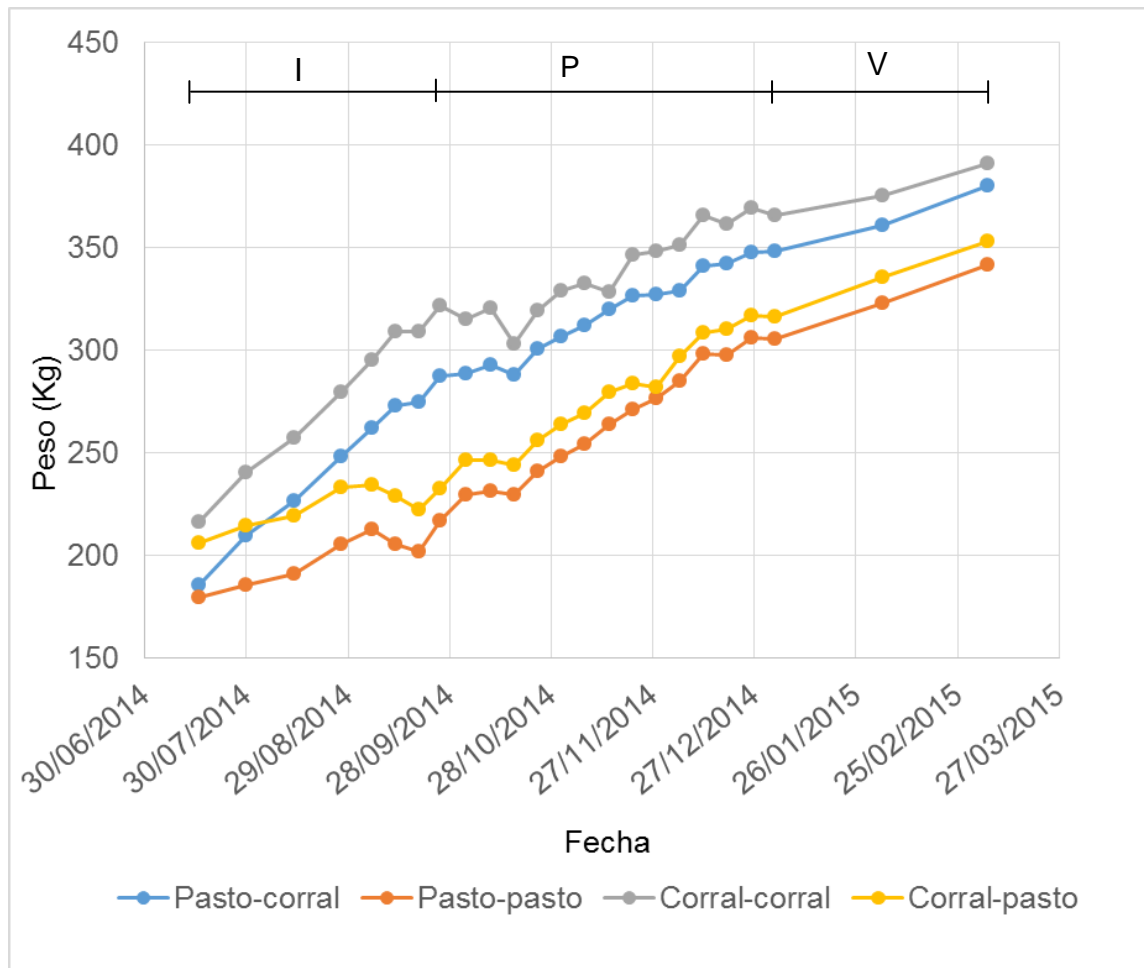


Figura No. 2. Evolución de peso vivo desde los 9 a 17 meses de edad en terneras destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida

Tanto para ganancias medias diarias como para peso vivo al inicio y fin de cada periodo (invierno, primavera y verano), no hubo efecto de la interacción verano por invierno.

El peso al inicio del invierno se vio afectado por la alimentación estival previa, siendo aquellas vaquillonas provenientes de corral más pesadas que las de pasto (211.2 vs. 188.4 kg; $p=0.0073$).

Al final del periodo invernal, las vaquillonas que resultaron más pesadas ($p<0.0001$) fueron aquellas que habían estado en corral durante este periodo en comparación con las alimentadas a pasto (304.9 vs. 229.8 kg).

La alimentación invernal afectó significativamente tanto el peso inicial como final del periodo de inseminación artificial (IA), siendo las que estuvieron en corral durante el invierno más pesadas que las que estuvieron a pasto (352 vs. 308.2, $p=0,0002$ al inicio y 386.6 vs.350.8, $p=0.0034$ al final). Esta respuesta fue independiente del manejo estival ($p>0.10$).

4.2.2. Altura de anca y condición corporal

En el cuadro No. 10 se presentan los promedios de altura de anca y condición corporal de cada tratamiento durante el periodo experimental.

Cuadro No. 10. Altura de anca (cm) y condición corporal promedio de terneras Hereford destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida

Manejo alimenticio	ALT	CC.
Verano (V)*	$p=0.0018$	$p=0.0058$
Pasto	116.5	5.58
Corral	118.4	5.83
Invierno (I)**	$p<0.0001$	$p<0.0001$
Pasto	115.7	5.35
Corral	119.1	6.06
I x V	$p=0,5936$	$p=0.4197$
Corral-Corral	120,2	6.22
Corral-Pasto	116,5	5.44
Pasto-Corral	118.0	5.90
Pasto-Pasto	114.9	5.23

ALT: Altura de anca. CC.: Condición corporal. *Periodo posdestete precoz (2 a 5 meses de edad). **Periodo de 9 a 12 meses de edad.

El cuadro No. 10 muestra que, al presentar ambas variables un efecto significativo del verano y del invierno pero no de la interacción, el tratamiento de manejo a corral en ambos periodos fue el que promediamente presentó mayor altura y condición corporal y las que estuvieron siempre a pasto las de menores.

Hubo efecto de la fecha de medición (M, $p<0.0001$), sobre las variables altura de anca y condición corporal. La condición corporal también se vio

afectada por la interacción de $M \times V$ ($p=0.0002$), $M \times I$ ($p<0.0001$) y $M \times V \times I$ ($p<0.0001$).

En las figuras No. 3 y 4 se presenta la evolución de la condición corporal y de la altura de anca por tratamiento durante todo el periodo experimental. En las mismas se señala con asteriscos las fechas en que por lo menos un tratamiento fue diferente de otro ($p<0.05$).

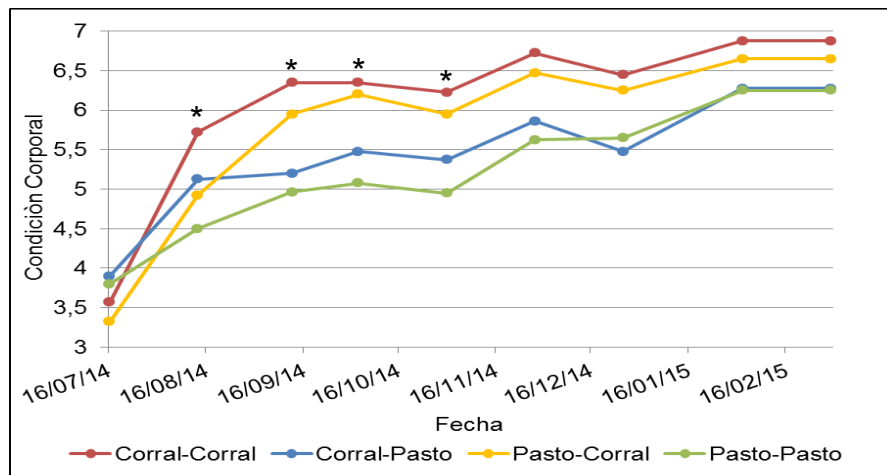


Figura No.3. Evolución de condición corporal desde los 9 a 15 meses de edad en terneras destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida
* Fechas en que al menos un tratamiento difiere de otro

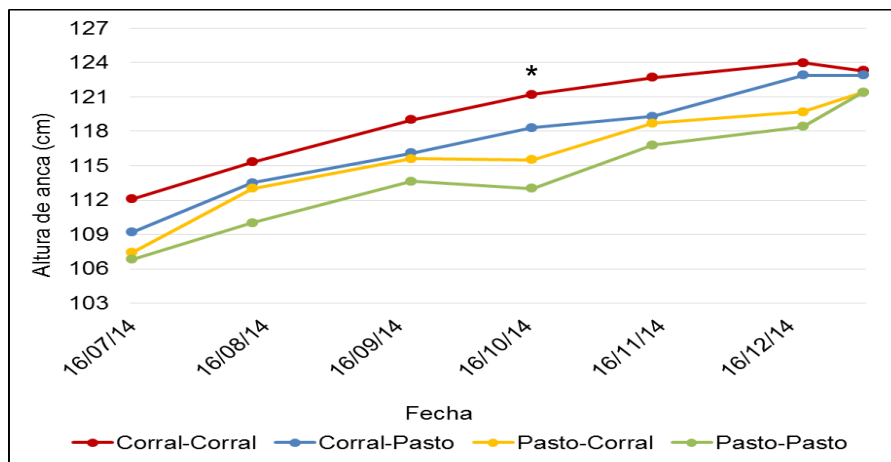


Figura No. 4. Evolución de altura al anca desde los 9 a 14 meses de edad en terneras destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida
* Fechas en que al menos un tratamiento difiere de otro

4.3. CONSUMO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

El consumo en kg de materia seca durante el periodo invernal fue afectado por el manejo estival ($p=0.0417$) e invernal ($p=0.0091$), así como también por la interacción de ambos ($p=0.0493$), observándose dentro de las vaquillonas que fueron manejadas a pasto durante el verano un consumo menor en las vaquillonas que luego fueron alimentadas a pasto durante el invierno comparado con aquellas que luego fueron alimentadas a corral durante el invierno (PP<PC). Este efecto de la interacción puede observarse en el cuadro No. 11.

Cuadro No. 11. Efecto del manejo estival e invernal a pasto (P) o a corral (C) sobre el consumo de MS (kg/an/día) invernal

		Manejo invernal	
		Corral	Pasto
Manejo Estival	Corral	8.20 Aa	7.73 Aa
	Pasto	8.16 Aa	6.33 Ab

A,B: medias seguidas de diferentes letras en la columna difieren significativamente ($p<0.05$).
a,b: medias seguidas de diferentes letras en la fila difieren significativamente ($p<0.05$).

El consumo en porcentaje de peso vivo, sin embargo, no fue diferente notándose solo una tendencia de las vaquillonas alimentadas a corral durante el invierno a consumir más ($p=0.0735$) respecto a las que se encontraban pastoreando.

Tanto el consumo relativo al peso vivo como en kg absolutos fueron afectados por la semana (S, $p<0.0001$ y $p=0.0097$ respectivamente) y por la interacción SxI ($p<0.0001$ y $p=0.0471$, respectivamente). Sin embargo, la interacción SxV y SxVxI fueron significativas únicamente para la variable consumo en porcentaje de peso vivo.

La utilización de la pastura para los tratamientos CP y PP fue de 65 y 61% respectivamente.

En el cuadro No. 12 se presenta el consumo de materia seca en kg/día, en porcentaje de peso vivo y la eficiencia de conversión promedio para cada tratamiento durante el invierno.

Cuadro No. 12. Consumo de materia seca invernal y eficiencia de conversión invernal en terneras Hereford destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida

Tratamiento	CMS (%PV)	CMS (kg/día)	EC
Corral-Corral	3,66	8,20	5.48
Corral-Pasto	3,61	7,73	17.45
Pasto-Corral	3,65	8,16	5.65
Pasto-Pasto	3,34	6,33	11.24

CMS (%PV): consumo de materia seca en % del peso vivo; CMS (kg/día): consumo de materia seca en kg por día; EC: eficiencia de conversión.

Las vaquillonas que tuvieron una mejor eficiencia de conversión invernal fueron aquellas alimentadas a corral durante esta estación. Las alimentadas a corral durante el invierno presentaron la misma eficiencia de conversión, independientemente de la alimentación estival.

En el cuadro No. 13 se detalla la composición química de la avena muestreada mediante la técnica de Hand-clipping, a través de la cual se estima la composición de la pastura consumida.

Cuadro No. 13. Composición de la avena muestreada a través de la técnica de Hand-clipping para cada tratamiento manejado a pasto durante el invierno

	Composición (% BS)				
	MS	C	PC	aFDN _{mo}	FDA _{mo}
Hand-clipping Pasto-Pasto	92.32	13.87	13.31	53.61	26.76
Hand-clipping Corral-Pasto	91.56	13.89	13.56	52.89	26.95

MS: Materia Seca. C: Cenizas. PC: Proteína Cruda. aFDN_{mo}: Fibra Detergente Neutro con amilasa y corregida por cenizas. FDA_{mo}: Fibra Detergente Ácido corregida por cenizas.

4.4. DESARROLLO DEL TRACTO REPRODUCTIVO

En todas las mediciones, el manejo invernal fue el único que tuvo efecto sobre el RTS, presentando las terneras que estaban a corral un RTS promedio mayor que las alimentadas a pasto ($p < 0.05$). No hubo efecto de la interacción Vxl en ninguna medición. En la figura No. 5 pueden observarse dichas diferencias.

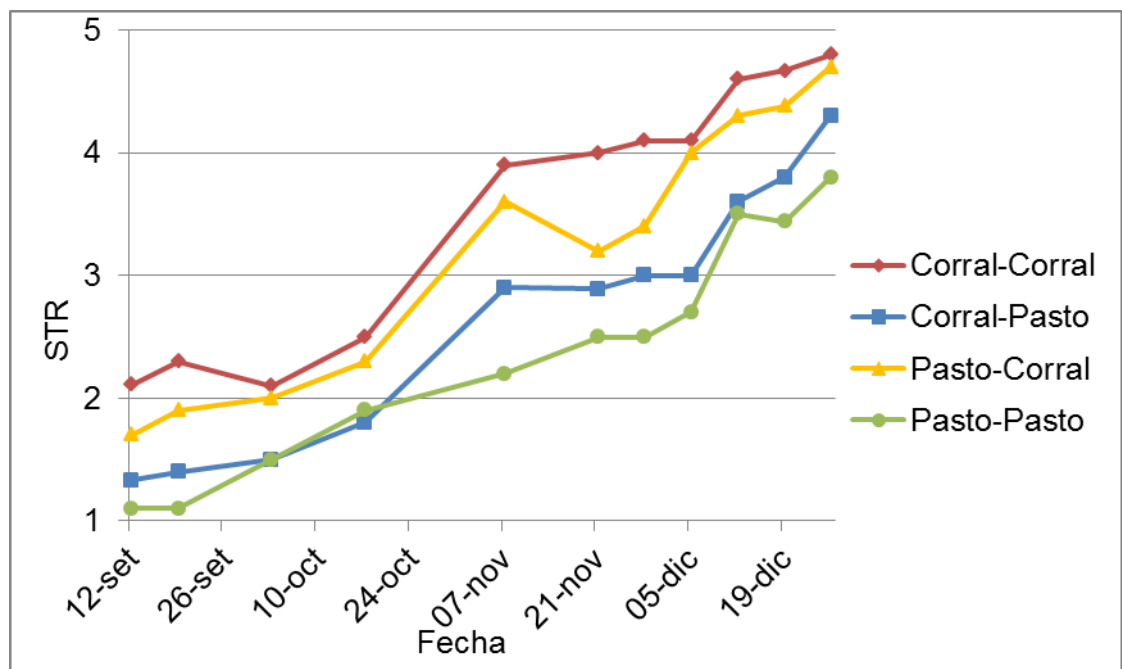


Figura No. 5. Evolución del Score del Tracto Reproductivo promedio desde el 12/9/14 al 26/12/14 en terneras Hereford destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida

En la semana previa al inicio de inseminación, las vaquillonas manejadas a corral durante el invierno tenían mayor proporción de score 5 que las alimentadas a pasto (0.85 vs. 0.6; $p = 0.0475$).

4.5. EDAD Y PESO A LA PUBERTAD

En el cuadro No. 14 se presenta la edad y peso a la pubertad promedio de las vaquillonas por tratamiento.

Cuadro No. 14. Edad y peso a la pubertad promedio de vaquillonas Hereford destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida

Tratamiento	Edad (días)	Peso (kg)
Corral-Corral	396.6 a	353.9 a
Corral-Pasto	426.7 b	304.0 b
Pasto-Corral	415.9 a	336.3 a
Pasto-Pasto	439.5 b	308.8 b

a, b: Letras distintas en la misma columna difieren significativamente ($p < 0.05$).

La edad y el peso a la pubertad fueron únicamente afectados por la alimentación invernal, siendo las que estuvieron en corral más jóvenes (406.3 vs. 433.1 días, $p = 0.0157$) y más pesadas (345.1 vs. 306.4 kg, $p = 0.0013$)

En la figura No. 6 se presenta la probabilidad de que las vaquillonas sean púberes, por tratamiento, a partir del día en que la primer vaquillona entra en celo.

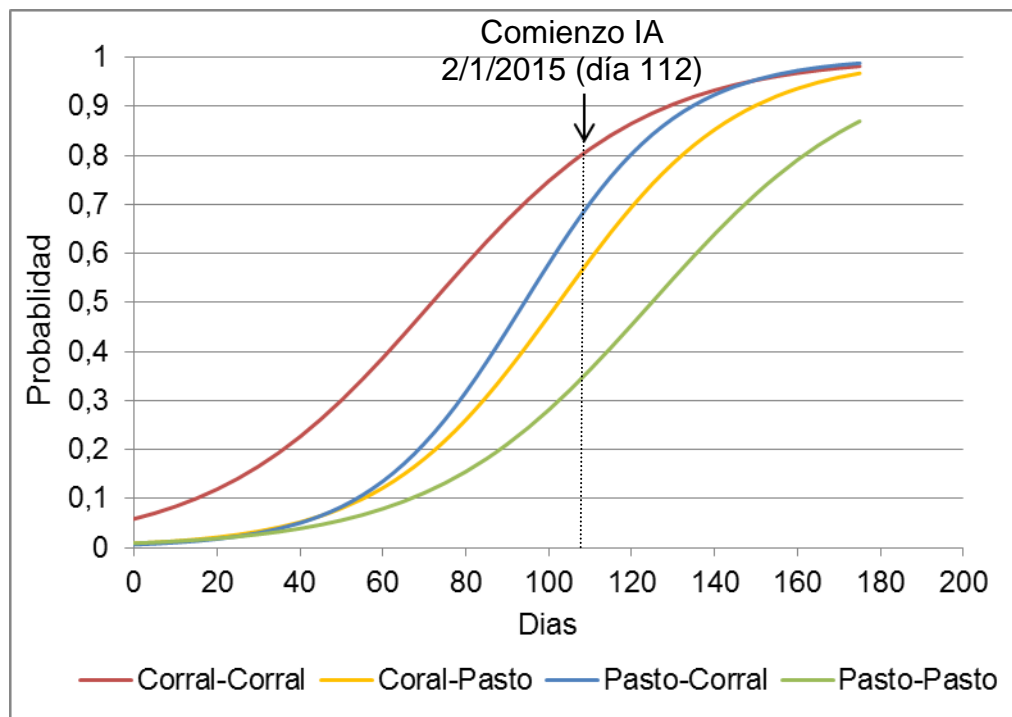


Figura No. 6. Probabilidad de vaquillonas púberes a partir del día en que la primera entra en celo (12/09/14) en terneras Hereford destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida

En la figura No. 6 puede observarse que a partir de que la primer vaquillona entra en celo (112 días previos al inicio de IA) la probabilidad de alcanzar la pubertad evoluciona distinto en todos los tratamientos ($p < 0.0001$). Se encontró un efecto significativo del manejo invernal ($p = 0.0497$) pero no del manejo estival ($p = 0.1101$). También se observa un efecto de la interacción entre el manejo estival e invernal ($p < 0.0001$), donde el efecto del manejo invernal sobre la velocidad con la que alcanzan la pubertad se ve favorecido cuando las terneras fueron manejadas a corral durante el verano. También se observa que al comienzo del período de IA la probabilidad de encontrar vaquillonas en celo fue mayor para el tratamiento CC siendo de 0.81 y de 0.70, 0.59 y 0.36 para PC, CP y PP respectivamente. En las vaquillonas de los tratamientos PC y CP a pesar de presentar menor probabilidad al inicio del servicio que el tratamiento CC, al final de este periodo las probabilidades fueron similares, siendo las mismas alcanzadas más tempranamente por el tratamiento PC que CP. Las vaquillonas del tratamiento PP presentaron durante todo el periodo de servicio la menor probabilidad de alcanzar la pubertad.

4.6. PERFORMANCE REPRODUCTIVA

4.6.1. Inseminación

En cuadro No. 15 se presenta la proporción de terneras que fueron inseminadas por primera vez en el primer tercio (1 a 21 días), segundo tercio (22 a 42 días) o último tercio de periodo de IA (más de 42 días).

Cuadro No. 15. Proporción de vaquillonas inseminadas en los primeros 21, 42 y pasados los 42 días dentro del periodo de inseminación, según manejo estival e invernal

Tratamiento	21 días	42 días	>42 días
Corral-Corral	0.7 a	0.2 a	0.0 a
Corral-Pasto	0.5 b	0.3 a	0.1 a
Pasto-Corral	0.8 a	0.1 a	0.0 a
Pasto-Pasto	0.4 b	0.1 a	0.1 a

a, b: Letras distintas en la misma columna difieren significativamente ($p < 0.05$).

De los tres intervalos estudiados únicamente se encontró un efecto de la alimentación invernal ($p=0.0647$) sobre la proporción de vaquillonas inseminadas durante los primeros 21 días del periodo de inseminación.

La cantidad de vaquillonas que repitieron inseminación una vez no difirió ($p<0.05$) según tratamiento, por lo que esta no se explica por el manejo de la alimentación. La segunda repetición no fue analizada estadísticamente debido a que solo una vaquillona del tratamiento CP requirió de una tercera inseminación.

4.6.2. Concepción

En la figura No. 7 se presentan las curvas de probabilidad de concepción a lo largo del periodo de inseminación, para cada tratamiento.

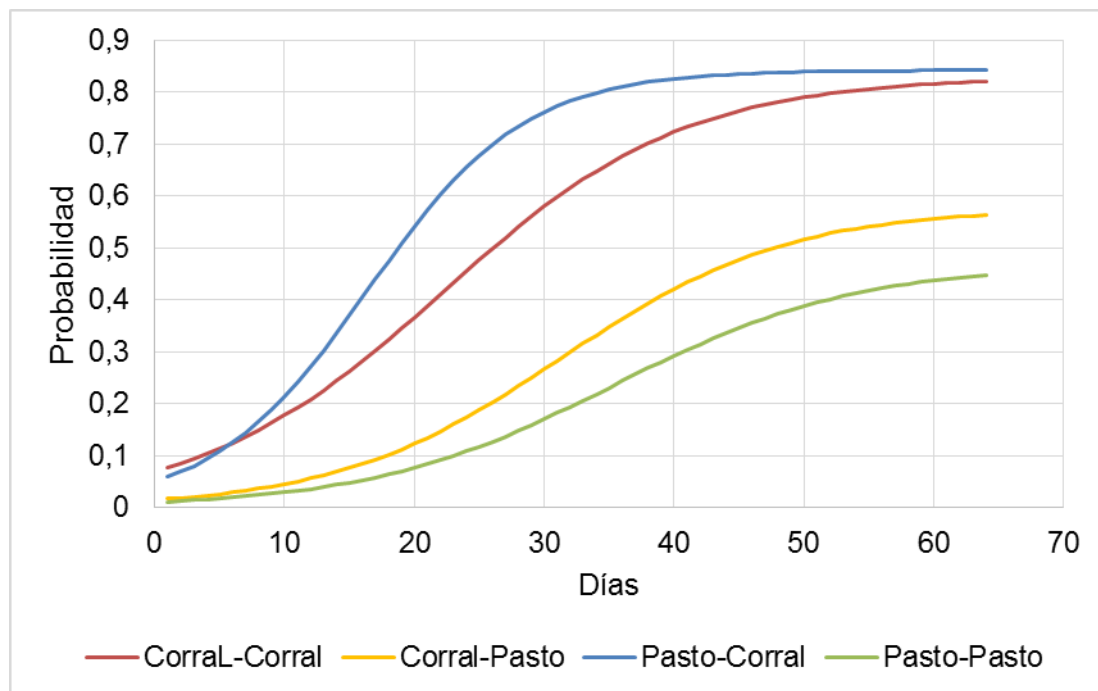


Figura No. 7. Probabilidad de concepción dentro del período de IA sobre el total de vaquillonas Hereford destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida

En la figura No. 7 se observa que la probabilidad de concepción fue mayor para aquellas que tuvieron corral en invierno en todo el periodo de inseminación, que las que estuvieron a pasto en el mismo periodo ($p<0.001$). No se encontró un efecto del manejo del verano ($p=0.187$). Puede observarse

también que, las vaquillonas de corral invernal presentaban mayor probabilidad de concebir temprano dentro del periodo de servicio. Además se observó una interacción entre manejo estival e invernal, difiriendo todos los tratamientos entre sí. Sin embargo, la magnitud del impacto del corral de invierno respecto al manejo a pasto sobre la velocidad con la que evoluciona la probabilidad de concepción de las terneras al primer entore fue mayor en aquellas que durante el verano fueron manejadas a pasto (PC vs. PP), en comparación con aquellas que fueron manejadas a corral (CC vs. CP) ($p < 0.01$).

En el cuadro No. 16 se presentan los datos de las asíntotas de la figura No. 7, las cuales representan el porcentaje de preñez potencial de cada tratamiento.

Cuadro No. 16. Porcentaje de preñez de vaquillonas Hereford destetadas a los dos meses de edad y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida

Tratamiento	Preñez (β_0)
Corral-Corral	0.83 a
Corral-Pasto	0.58 b
Pasto-Corral	0.84 a
Pasto-Pasto	0.47 b

a, b: Letras distintas en la misma columna difieren significativamente ($p < 0.05$).

En el cuadro No. 16 puede observarse que el porcentaje de preñez fue mayor en aquellas que habían sido alimentadas a corral durante el invierno que aquellas alimentadas a pasto. A su vez no hubo diferencias según el manejo estival previo.

5. DISCUSIÓN

5.1. EFECTO DEL MANEJO ESTIVAL E INVERNAL SOBRE EL DESARROLLO DE LAS TERNERAS

La diferencia de peso al inicio del periodo experimental está explicada por los diferentes manejos estivales. El manejo de destete precoz a pradera con una suplementación al 1% del PV tiene como objetivo, desde el punto de vista de crecimiento del ternero, tener similares ganancias de las que obtendría el mismo al pie de la madre, aproximadamente 0.600 kg/día. Por otro lado el destete precoz manejado a corral pretende ganancias superiores a las de un ternero al pie de la madre, siendo esperables ganancias entre 1.0 y 1.2 kg/día (Beretta et al., 2012). Similares ganancias medias fueron reportadas en el manejo estival de las vaquillonas utilizadas en este experimento, siendo de 0.72 kg/día en las de destete a pasto y 1.19 kg/día en las manejadas a corral.

Simeone y Beretta, citados por Beretta et al. (2012) sostienen que la ganancia esperada para terneros pastoreando verdeos temprano en otoño se encuentra en torno a los 0.450 kg/día. Similares ganancias otoñales fueron reportadas en las vaquillonas de este experimento, siendo de 0.430 kg/día en aquellas provenientes de pasto y 0.360 kg/día en aquellas provenientes de corral. Las GMD observadas en otoño fueron en ambos tratamientos menores a las registradas durante el periodo estival durante el cual se realizó el DP, comportamiento que también fue reportado por Beretta et al. (2012).

Durante el invierno la disponibilidad promedio de la avena para los dos tratamientos fue siempre mayor a 2000 kgMS/ha. Según Risso y Zarza, citados por Invernizzi et al. (2007), valores mayores de 2000 kgMS/ha se corresponden con buenas posibilidades de selectividad para el animal y cantidades no limitantes para el consumo, mientras que disponibilidades menores disminuirían la cantidad y calidad de consumo. La altura de entrada promedio de la avena durante el invierno fue siempre mayor a 20 cm. Para Hodgson, citado por Invernizzi et al. (2007), la altura de la pastura también es un componente determinante del consumo animal y provoca un efecto importante en el comportamiento ingestivo y en la performance animal. Bajo un sistema rotacional, el forraje consumido y la performance animal empiezan a declinar cuando la altura del forraje es menor a 10 cm (Hodgson, citado por Invernizzi et al., 2007). Tomando en cuenta estos conceptos se puede decir que la avena durante el invierno no presentó limitaciones de disponibilidad ni de altura para tener una buena performance.

En cuanto a la composición química de la avena, ésta estuvo dentro de los rangos reportados por varios autores citados por Contatore et al. (2007).

Estos puede variar entre 11,9% (Damonte et al.) y 25,6% (Trevasky) para proteína cruda, en tanto el contenido de FDN estaría entre 40,9% (Da silva et al.) y 50,8% (Damonte et al.) y el de FDA entre 20,7% (Da silva et al.) y 39,2% (Damonte et al.). A su vez, el contenido de materia seca suele oscilar entre 14,2% (Da silva et al.) y 20,1% (Elizondo et al.). En cuanto a la digestibilidad Vaz Martins y Messa, citados por Contatore et al. (2007), indican que normalmente se encuentra en un rango de 60 a 75%. Dicho valor es coincidente con el dato reportado en el presente experimento (68%) el cual fue calculado a partir de la formula $\text{dig (\%)} = 88.9 - (0.779 \times \text{FDA})$ reportada por Galli (1997). Para Elizalde, citado por Contatore (2007) digestibilidades cercanas al 70% pueden ser consideradas como altas.

La calidad de la pastura ofrecida fue disminuyendo a medida que avanzaba el experimento, lo cual era esperable ya que la pastura fue aumentando su grado de madurez, lo que implica un deterioro en la calidad. Ésta evolución típica de las pasturas fue reportada por diversos autores, entre ellos Urrastaroz et al. (2004) que concluyen que la proporción de cada uno de los componentes de los forrajes varía con el grado de madurez de la pastura, aumentando los componentes de pared celular y disminuyendo los contenidos celulares.

En cuanto a la calidad promedio de las muestras de Hand-clipping, metodología que estima el consumo de los animales, se observa una leve diferencia en comparación con el análisis del promedio del total ofrecido, siendo menor el porcentaje de fibra y mayor el de proteína cruda en el análisis de Hand-clipping (26.86 vs. 28.26% y 13.43 vs. 13.12%, para FDA y PC respectivamente). Esto puede ser explicado por la distribución vertical de las gramíneas, en donde los primeros centímetros sobre el suelo, de menor accesibilidad, son los que presentan menor digestibilidad y proteína (Lombardo, 2012). A pesar de esta diferencia, al ser la misma de tan poca magnitud, se podría concluir que la utilización de la pastura fue alta (63%) incluso, superior a los datos reportados para animales pastoreando con la misma asignación. Elizalde, citado por Damonte et al. (2004), indica valores de utilización de 45% mientras que para Hodgson, citado por Contatore et al., (2007) la utilización no supera el 50%.

Las GMD invernales obtenidas fueron de 1.470 kg para las vaquillonas manejadas a corral y 0.503 kg para las que pastorearon avena. Estos resultados son consistentes con los reportados en trabajos nacionales. Simeone et al. (2012) reportan a partir de varios trabajos GMD de 1.553 kg en terneros Hereford con un peso inicial de 166 kg promedio manejados a corral y alimentados con una RTM *ad libitum*. Ganancias medias diarias de 0.652 kg fueron obtenidas por Beretta et al. (2010) trabajando con terneras Hereford de

148 kg de PV inicial pastoreando avena con una AF de 5% de PV. Soares de Lima et al. (2012) también reportaron ganancias similares de 0.6 kg/día en terneros pastoreando avena a la misma asignación. Según Elizalde, citado por Damonte et al. (2004) para obtener un máximo consumo voluntario (3% del PV), se debe asignar 5-6 kg de MS/100 kg PV, al aumentar la asignación se provoca una disminución de la utilización del forraje. Teniendo esto en cuenta se puede considerar que la AF en el presente experimento no fue una limitante.

En cuanto a la eficiencia de conversión, que surge del consumo y las GMD, según Di Marco (2006) es afectada por la digestibilidad y el costo de mantenimiento. Los alimentos concentrados se caracterizan por su mayor digestibilidad y contenido de nutrientes orgánicos en relación a los forrajes. Sus características más relevantes son ser bajos en fibra, altos en energía y de mayor digestibilidad que las praderas (Wolfgang, s.f.). Además, en condiciones de pastoreo, los animales realizan una actividad muscular considerablemente mayor (mayores costos de mantenimiento) que en estabulación debido a que pasan gran parte del día caminando y cosechando forraje, ya que se considera que el costo energético de la actividad de rumia, de echarse y levantarse no difieren entre animales en confinamiento y en pastoreo libre. La intensidad de la actividad de pastoreo es variable debido a la acción de diferentes factores que afectan el comportamiento animal en pastoreo, fundamentalmente el tiempo que dedican al mismo, la frecuencia de bocados con que cosechan el forraje, la distancia que recorren, la pendiente y la velocidad a la cual se desplazan (Di Marco, 1998). CSIRO, citado por NRC (1996), estima un aumento de las necesidades energéticas para mantenimiento del 10 a 20% en animales bajo muy buenas condiciones de pastoreo en comparación con animales en confinamiento y 50% en condiciones de pastoreo extensivos. Todo esto explicaría las diferencias en ganancias y eficiencia de conversión entre los manejos invernales.

La EC invernal de las vaquillonas alimentadas a corral no difirió según manejo estival, siendo 5.57 en promedio, dado que las ganancias y los consumos fueron iguales entre estos tratamientos. Similares datos de consumo y eficiencia de conversión de animales en confinamiento fueron obtenidos anteriormente. Simeone et al. (2012) alimentando terneros Hereford a corral con una RTM *ad libitum* sin fibra larga hallaron consumos de 7.38 kgMS y EC de 4.8. Sin embargo no se encontraron antecedentes que hayan estudiado el efecto de la alimentación previa sobre la EC en confinamiento. Podría hipotetizarse que la diferencia de peso vivo invernal entre los tratamietnos que fueron manejados a pasto y a corral durante el verano (21.1 kg) no habría sido tal como para significar una diferencia en eficiencia de conversión en este tipo de manejo.

En cuanto a EC de los tratamientos a pasto durante el invierno, ésta fue menor en las provenientes de corral que en las de pasto (17.45 vs. 11.24 respectivamente), sin poder afirmar que las segundas fueron estadísticamente más eficientes. Por lo que se puede decir que estas mismas diferencias de peso (21.1 kg) entre las manejadas a corral y a pasto durante el verano, en condiciones de pastoreo sí influyen en la eficiencia de conversión. Estos resultados surgen de que, si bien las vaquillonas provenientes de corral presentan mayores consumos numéricamente, estos no se ven reflejados en mayores ganancias por los mayores costos de mantenimiento asociados a mayores pesos corporales (Di Marco, 2007). Según NRC (1984), los requerimientos de mantenimiento aumentan conforme aumenta el peso vivo. Lofgreen y Garret, Garret, citados por NRC (1984), sostienen que los requerimientos energéticos de mantenimiento son equivalentes a 77 kcal por cada kg de peso metabólico ($PV^{0.75}$).

Se comprobó la hipótesis de que las vaquillonas alimentadas en confinamiento durante el invierno tienen mayores GMD y mejor EC durante este periodo respecto a las manejadas en pastoreo con AF no restrictivas, no encontrándose un efecto del manejo estival para la variable GMD.

En la primavera fueron las alimentadas a pasto durante el invierno las que tuvieron mayores ganancias (0.867 vs. 0.519 kg/día). Las menores ganancias primaverales de las que fueron alimentadas durante el invierno a corral, según Ceconi et al. (2008), podrían estar explicadas por diferencias en el consumo de energía entre una etapa y otra, por un mayor costo de mantenimiento de aquellos animales que por ganar más durante el invierno tienen mayores pesos al comenzar el pastoreo (destinando así menos energía para ganar peso), entre otros factores. A su vez sostiene que un mayor grado de engrasamiento a la salida del corral en aquellos animales que presentan un mayor ritmo de ganancia durante el mismo, podría también estar negativamente asociado a la GMD durante la etapa pastoril.

Las menores ganancias durante la etapa pastoril también pueden estar explicadas por el cambio brusco en la dieta sin una adaptación previa, perjudicando el consumo y las ganancias en las primeras semanas. Pordomingo et al. (2010) reportaron en los primeros 27 días de pastoreo una respuesta inversa en donde el tratamiento con menores ganancias fue el de mayor oferta de alimento y ganancia en la etapa de corral previa. Esta evidencia indica que la recría a corral puede generar una depresión de la respuesta en pastoreo que se prolongue durante más de tres semanas. Esto puede fundamentar lo observado en el presente trabajo en cuanto a las GMD de las primeras tres semanas de pastoreo primaveral, donde se observó una depresión en las mismas. En el cuadro No. 17 se presentan tanto las GMD

durante las primeras tres semanas de pastoreo post corral como durante el resto de la primavera.

Cuadro No. 17. Ganancias medias diarias durante las primeras tres semanas de pastoreo primaveral y subsiguientes en vaquillonas Hereford destetadas precozmente y sometidas a diferentes estrategias de alimentación (pasto o corral) durante su primer verano e invierno de vida

Tratamientos	GMD 1 ^{as} 3 sem.	GMD resto primavera
Corral-Corral	-0,276	0,882
Corral-Pasto	0,494	1,017
Pasto-Corral	0,088	0,788
Pasto-Pasto	0,565	1,084

Similares valores a los presentados en el cuadro No. 17 fueron obtenidos por Pordomingo et al. (2007) donde animales que pasaron de corral alimentados con una dieta altamente concentrada a una pastura, pasaron de ganar 1.400 kg/día a perder 0.207 kg/día durante los primeros 15 días de pastoreo. En las semanas siguientes el ritmo de crecimiento alcanzado por los animales provenientes de corral aumentó sin lograr semejarse a aquellas provenientes de pasto, al igual que lo sucedido en el presente trabajo.

Es así que Pordomingo et al. (2010) citando a varios autores sugieren que durante la etapa de alimentación a corral el rumen se adapta a la fermentación de una dieta rica en almidón y de moderada cantidad de proteína, favoreciendo el ambiente amilolítico (degradante de almidón) en desmedro del celulolítico (degradante de fibra) y se deprime la tasa de degradación de los forrajes. Estos autores también sugieren que el cambio brusco al forraje fresco encontraría al rumen sin la flora microbiana apropiada para degradarlo ni la capacidad de absorción y procesado de los nuevos perfiles de ácidos grasos y cantidad de urea que se genera, siendo ésta la posible causa de la depresión de las ganancias en esta etapa.

A pesar de las mayores ganancias en primavera de las vaquillonas provenientes de pasto, al final de este periodo éstas seguían siendo significativamente más livianas que las de corral. Esto puede deberse a que si bien éstas últimas presentaron menores ganancias primaverales, la diferencia de peso al final del periodo invernal entre las vaquillonas alimentadas a corral y a pasto durante este periodo fue de 75.1 kg.

Durante el periodo de inseminación artificial las ganancias fueron menores a las primaverales siendo en promedio de 0.363 kg/día, sin observarse diferencias significativas entre los tratamientos. Estas menores ganancias estivales según Simeone (2000) se deben a una baja producción y pérdida de calidad observadas durante esta estación en las pasturas cultivadas, mezclas de especies templadas de gramíneas y leguminosas. Similares GMD fueron obtenidas por La Manna et al. (2011) durante el periodo estival en terneros pastoreando una pradera con una AF de 5% PV, siendo en promedio de 0.448 kg. Por otro lado, Simeone et al. (2012) observaron GMD estivales de 0.298 kg en el segundo año de evaluación sobre terneros en pradera manejados previamente a corral durante el invierno.

5.2. EDAD Y PESO A LA PUBERTAD

La edad a la pubertad promedio de cada tratamiento fue influenciada únicamente por el manejo invernal, siendo en promedio 27.1 días más precoces las vaquillonas alimentadas a corral durante este periodo ($p=0.0157$). Si bien, los tratamientos PC y CC no difieren estadísticamente en la edad promedio a la pubertad, la diferencia de 19 días a favor de CC puede tener importancia teniendo en cuenta que la duración del ciclo estral es de 21 días. Esta ventaja del tratamiento CC es más claramente observada en los resultados de probabilidad acumulada de registros de vaquillonas púberes entre el 12 de setiembre y el 6 de marzo, en donde este tratamiento es el que se anticipa a todos en tener mayores probabilidades. En estos resultados se observa una diferencia entre todos los tratamientos. De esta manera se evidencia una ventaja de la alimentación con dietas concentradas en el verano e invierno (CC) frente a presentarlas solo en un momento (CP y PC) y de estos últimos frente a no presentar nunca dicha dieta (PP). Esta era la respuesta esperada ya que varios autores sostienen que mayores consumos de energía adelantan la edad a la pubertad (Wiltbank et al. 1969, McShane et al. 1989, Bergfeld et al. 1994, Buskirk et al. 1995, Bavera 2000, Blache et al. 2007, Roberts et al. 2009), debido a que el nivel nutricional es el principal factor que afecta el sistema reproductivo, siendo modulado por metabolitos sanguíneos o factores endocrinos (Schillo, 1992a). A su vez Moseley et al. (1977), McCartor et al. (1979) sostienen que dietas o aditivos que incrementen la relación propionato:acetato en el rumen posiblemente disminuyan la edad a la pubertad. También Randel (1990) afirma que dietas que incrementan la producción de propionato en el rumen (dietas de alta calidad) promueven la actividad gluconeogénica, lo que adelanta la edad a la pubertad.

El invierno resultó ser el momento más determinante para la edad y peso a la pubertad así como para el RTS. Esto no era lo que se esperaba, ya que trabajos extranjeros recientes (Gasser et al. 2006a, Cardoso et al. 2014)

basándose en el estudio del momento que tiene mayor influencia la alimentación sobre la edad a la pubertad, indican que el mismo es desde los primeros cuatro a seis meses y medio de vida.

La diferencia entre el presente trabajo y los trabajos extranjeros recientes en cuanto al momento determinado como el más influyente sobre la edad a la pubertad, puede ser consecuencia de varias diferencias experimentales. Primero, en el presente experimento la alimentación con dietas más concentradas no coincide con el periodo entre los 4 a los 6.5 meses de vida que evalúan estos trabajos extranjeros. Durante este periodo, las terneras estuvieron tanto en el tratamiento de verano (2 a 5 meses) como en un manejo conjunto sobre pradera durante el otoño (5 a 8 meses), pudiendo no ser suficiente para desencadenar los mecanismos de la programación nutricional que propone Cardoso et al. (2014).

Otra diferencia que podría explicar que el efecto del periodo juvenil (verano) no fue significativo en este experimento, como era de esperarse según estos antecedentes, es que en estos últimos se mantuvieron similares diferencias en GMD entre los tratamientos durante los distintos momentos de intervención. En el presente trabajo, sin embargo, las diferencias en GMD entre corral y pasto durante el verano fueron de 0.470 kg mientras que en invierno de 0.967 kg, generándose un mayor contraste entre manejos invernales que entre manejos estivales.

A su vez, en los experimentos de Gasser et al. (2006a), Cardoso et al. (2014) las vaquillonas siempre estuvieron en confinamiento, a diferencia del presente trabajo en el cual la alimentación a corral no fue continua, sino que todos los tratamientos pastorearon durante el otoño, primavera y verano (periodo de inseminación). Esto implicaría diferencias a nivel de metabolitos sanguíneos y factores endócrinos pudiendo afectar distintamente el sistema reproductivo (Schillo, 1992a).

Si bien no se verificó en el presente trabajo un efecto de la alimentación estival previa sobre la edad a la pubertad, esta determinó la magnitud del efecto del manejo invernal, viéndose favorecido cuando en el verano fueron manejadas a corral. Gasser et al. (2006a) establecen como posibilidad que el estatus nutricional durante la etapa juvenil (4 a 6.5 meses) podría determinar el impacto, sobre la edad a la pubertad de los programas de alimentación iniciados posteriormente. Más específicamente, Cardoso et al. (2014) sostienen que un estado nutricional y metabólico favorable en el periodo juvenil (4 a 6.5 meses) podría conducir a cambios funcionales en el sistema neuroendocrino reproductivo. Una realimentación a los 9 meses de edad, que conduce a un recurrente estado metabólico positivo, caracterizado principalmente por un

fuerte incremento en las concentraciones de leptina, activaría las vías neuroendocrinas previamente programadas que conducen a la aparición de la pubertad. Todo esto podría indicar que la causa de la menor edad a la pubertad en el tratamiento CC del presente trabajo radicaría en que el corral invernal reactivaría las vías neuroendocrinas previamente programadas durante el destete precoz a corral.

De esta manera se rechaza la hipótesis de que mayores ganancias durante el verano (etapa juvenil) tienen efecto sobre el adelanto de la edad a la pubertad. Sin embargo, la magnitud del efecto de la alimentación invernal posterior es determinada por el manejo estival previo por lo que se rechaza la hipótesis de que no hay interacción entre el manejo estival e invernal.

Las mayores GMD, de los tratamientos manejados a corral en invierno, presentan además de una asociación con una menor edad a la pubertad, un mayor peso al alcanzar la misma. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Short y Bellows (1971), Roberts (2009). No obstante, en esos trabajos al tratarse de terneras de destete convencional no se estudió el efecto del manejo previo al invierno.

Los tratamientos de pasto durante el invierno alcanzaron la pubertad a un peso promedio de 306.5 kg, peso que las vaquillonas de corral durante el invierno habían alcanzado meses antes de entrar a la pubertad. Probablemente, las vaquillonas de corral durante el invierno no manifestaron la pubertad al alcanzar dicho peso porque en ese momento no tenían una edad fisiológica suficiente. Prieto y Hernández (1993) afirman que en animales bajo un buen plano nutricional, la edad es un factor más determinante sobre la pubertad que el peso.

Tomando en cuenta un peso maduro de 550 kg para la raza Hereford, las vaquillonas alimentadas a corral durante el invierno alcanzaron la pubertad con un 63% de dicho peso y las alimentadas a pasto con 56% de madurez. Estos datos coinciden con los reportados por Lardner et al. (2013), en donde vaquillonas con ganancias moderadas alcanzaron la pubertad a un 55% del peso maduro, mientras que aquellas con ganancias altas la alcanzaron a un 62%. Si bien vaquillonas que alcanzan la pubertad con menores porcentajes de peso maduro pueden implicar menores costos de mantenimiento (Summers et al., 2014), en el presente trabajo tales ventajas pueden verse contrarrestadas por una mayor edad a la pubertad.

5.3. PERFORMANCE AL PRIMER ENTORE

Los tratamientos de alimentación a corral durante el invierno fueron los que tuvieron mayor porcentaje de vaquillonas púberes una semana antes del

periodo de servicio, comparado con las que estuvieron manejadas a pasto durante el invierno. Los tratamientos de corral invernal fueron además los que presentaron mayores porcentajes de preñez. Según Auzmendi y Udaquiola (2002) el hecho de presentar mayor cantidad de celos previos al servicio puede haber implicado una mayor fertilidad de los mismos y, por consiguiente, explicar los mayores porcentajes de concepción. Byerley et al. (1987) además, sostienen que el número de ciclos estrales regulares antes de la fecundación está positivamente correlacionado con el porcentaje de concepciones.

Las vaquillonas de corral durante el invierno, fueron las que presentaron mayores probabilidades de concebir antes dentro del periodo de servicio, en comparación con las alimentadas a pasto durante el invierno. Esto según Bavera (2005b) puede deberse a que mayor proporción de vaquillonas comenzaron a ciclar semanas antes del periodo de inseminación, permitiendo que queden preñadas en el primer celo y no al final del período de entore.

Buskirk et al. (1995) reportaron que a pesar de que mayor proporción de vaquillonas que tuvieron mayor suplementación eran púberes al comienzo del servicio, no hubo diferencias significativas en el porcentaje de preñez. Esto se observó en el presente experimento si se compara los tratamientos dentro de un mismo manejo invernal. El tratamiento CC presentó mayor proporción de vaquillonas púberes al comienzo del servicio que PC, sin diferir en el porcentaje de preñez, ocurriendo lo mismo entre los tratamientos CP y PP.

Por otro lado, las repeticiones de inseminación no difirieron entre tratamientos lo cual puede deberse a fallas en la detección del celo así como en la inseminación. Cabe destacar también la corta duración de los primeros celos en esta categoría (King, citado por Cuelho, 2012) y la menor fertilidad de los mismos (Lemaire y Stirling, s.f.). Sin embargo, si bien la incapacidad del animal de expresar el celo puede influir, según Catalano et al. (2001) las fallas que se le atribuyen al factor humano son las de mayor importancia.

De esta manera se rechaza la hipótesis que sostiene que terneras destetadas precozmente con altas ganancias de peso vivo en el verano presentan mejor desempeño al primer entore que aquellas que ganan menos en dicho periodo. Por otro lado se verifica que una alta ganancia invernal permite que terneras con menores ganancias en el verano presenten similar performance al primer entore que aquellas con altas ganancias en este periodo.

En resumen, a partir de los resultados obtenidos se puede decir que la edad y el peso a la pubertad están fuertemente influenciadas por la estrategia de alimentación invernal. Las vaquillonas alimentadas con dietas altamente concentradas durante el invierno, no solamente presentan mayores ganancias y

mejores eficiencias de conversión durante el invierno, sino también podrían presentar diferencias a nivel de hormonas y metabolitos los cuales actuarían a nivel neuroendocrino desencadenando la pubertad, lo que puede conducir a mayor peso y menor edad a la pubertad que en aquellas vaquillonas alimentadas con avena durante esta etapa. Esta respuesta al manejo invernal se vio favorecida por el manejo a corral durante el verano previo, lo cual podría ser debido a una reactivación de las vías neuroendocrinas previamente programadas durante el destete precoz a corral. A su vez, aquellas vaquillonas manejadas a corral durante el invierno, al presentar menor edad a la pubertad llegaron al inicio del periodo de inseminación con más celos previos pudiendo implicar una mayor fertilidad de los mismos, resultando en concepciones más tempranas y mayores porcentajes de preñez.

5.4. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

La intensificación asociada al entore a los 15 meses, si bien eleva los costos de alimentación del ganado, determina un incremento sustancial en la eficiencia del sistema al eliminarse una categoría improductiva (vaquillonas de 1-2 años), donde se pueden tener más vacas y por ende más terneros en la misma área (Soares de Lima y Montossi, 2013). La factibilidad de esto, según Bavera (2005b), está sujeta al nivel alimenticio y al cuidado al primer parto que se brinde a las vaquillonas entoradas precozmente.

En el presente experimento quedó claramente demostrado que el corral invernal, acompañado con praderas el resto del año, sirve como estrategia para lograr altos porcentajes de preñez al entorar a los 15 meses de edad. Dicha estrategia según Simeone y Beretta (2008) constituye una alternativa eficiente desde el punto de vista de la conversión de alimento y eficaz desde el punto de vista del potencial de ganancia de peso ya que viabiliza la posibilidad de lograr un animal de 15 meses de edad con un peso en torno a los 300 kg de peso vivo.

Además, como el invierno es el período de crecimiento crítico de las pasturas naturales, el encierro en dicho momento resulta un manejo estratégico para evitar pérdidas de peso y lograr un entore precoz. Este manejo presenta como ventaja adicional aumentar la carga aprovechando así el excedente de pasto primaveral.

Cabe destacar también que realizar un corral en invierno permite que mayor proporción de vaquillonas conciban durante los primeros días del periodo de inseminación. Según Bavera (2005b) es deseable que todas las vaquillonas queden preñadas lo antes posible, siendo sus terneros cabeza de parición, logrando que tengan un intervalo parto-segundo servicio lo más largo posible,

superior al promedio del rodeo, a fin que dispongan de suficiente tiempo para entrar en celo y aumentar sus posibilidades de quedar preñadas por segunda vez consecutiva.

Debido a que la performance reproductiva entre los tratamientos PC y CC fue similar se podría decir que, si se encierra en el invierno, desde el punto de vista económico la estrategia de destete precoz a pasto es más conveniente ya que implica menores costos sin perjudicar los resultados. No obstante se debe tener en cuenta que el uso de concentrados reviste menores riesgos, ya que una situación de sequía podría afectar el crecimiento de pasturas mejoradas, y poner en riesgo la inversión realizada (Viñoles et al., 2013). Para los tratamientos de pasto invernal, si bien CP presenta mayor probabilidad de concebir antes que PP, no se verifica un beneficio de realizar un destete precoz a corral ya que el porcentaje de preñez final fue bajo e igual.

Si se comparan los tratamientos PC y CP se observa un beneficio del tratamiento PC en todas las variables estudiadas, por lo que si se toma la decisión de realizar un corral en la recría, resulta más conveniente para un entore a los 14-15 encerrar en el invierno que en el verano.

Para aquellas vaquillonas que fueron alimentadas a pasto durante el invierno que no lograron un desarrollo adecuado a los 14-15 meses, podría tomarse como alternativa el entore a los 18 o 20. Esto tiene como ventaja que la vaquillona tiene mayor tiempo de recuperación y por ende mayor posibilidad de quedar preñada y ser cabeza de parición. Si bien no se logra como con el entore a los 14-15 meses un ternero más en la vida de la vaca, con este manejo se ganan kg de ternero por año (por presentar mayor edad). Sin embargo, las alternativas de entore a los 18 o 20 meses no se pueden hacer exclusivamente en pasturas naturales o de baja calidad, sino que se debe contar con un buen forraje invernal o bien suplementación, ya que coincide el entore o la parición con el invierno. Por otra parte, surge un problema de manejo, pues se forman dos rodeos, uno el de vacas de segunda parición o más y otro el de las vaquillonas de primer entore (Bavera, 2005b). Todo lo mencionado anteriormente reafirma la importancia de realizar manejos que permitan llegar al entore a los 14-15 meses con vaquillonas ciclando regularmente.

Según Hickson et al., citados por Viñoles et al. (2013) una de las mayores preocupaciones de los productores con respecto al entore a los 15 meses, es la capacidad de esas vaquillonas de volverse a preñar en el segundo entore. Vaquillonas entoradas con 15 meses de edad, pueden alcanzar niveles adecuados de fertilidad al segundo servicio, si son mantenidas en un plano nutricional adecuado durante el período pre y posparto, que les permitan

alcanzar los pesos objetivos de 420-450 kg al segundo servicio (Morris y Smeaton, citados por Viñoles et al., 2013). El beneficio de un entore a los 14-15 meses se pierde si la alimentación es deficiente y no logra quedar preñada en el segundo servicio. Esto se debe a que se superpone el período de crecimiento con el de lactación, siendo última prioridad el reinicio de la actividad sexual. Sin embargo, existen varias técnicas de manejo, entre ellas, la técnica de destete precoz, que permite dar una solución a este problema, ya que baja de manera drástica esos requerimientos nutricionales, permitiendo una recuperación muy rápida del vientre y activando un mecanismo hormonal que la hace entrar en celo (Rovira, 1996).

6. CONCLUSIONES

Aquellas terneras nacidas en primavera y destetadas precozmente a los 2 meses de edad, que son alimentadas a corral durante el invierno presentan menor edad a la pubertad y mejor desempeño al entore a los 14-15 meses que aquellas que no lo son. Si bien el manejo estival previo no tiene efecto en estas variables, determina la magnitud del efecto de la alimentación invernal sobre la edad a la pubertad y velocidad de concepción. Sin embargo una alta ganancia invernal permite que terneras con menores ganancias entre los 2 y 5 meses de edad presenten igual porcentaje de preñez que aquellas que presentaron mayores ganancias en dicho periodo.

Terneras alimentadas durante el invierno en confinamiento con dietas altamente concentradas, presentan mayor ganancia de peso vivo y mejor eficiencia de conversión invernal, que aquellas pastoreando verdeos con alta oferta de forraje. La GMD invernal no es afectada por el manejo estival ni por la interacción.

7. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar cómo influyen diferentes estrategias de alimentación, combinando pasto y confinamiento durante las estaciones de verano (de 2-5 meses) e invierno (de 9-12 meses), en las curvas de crecimiento posdestete, aparición de la pubertad y performance al primer servicio a los 14-15 meses de edad en terneras Hereford destetadas precozmente. El experimento fue realizado en la Estación Experimental Mario A. Cassiononi, departamento de Paysandú, República Oriental del Uruguay, el cual se inició el 16 de julio 2014 y finalizó el 6 de marzo 2015. Se utilizaron 40 terneras Hereford nacidas en la primavera 2013 pertenecientes al rodeo de cría de la E.E.M.A.C, las cuales fueron destetadas precozmente (66 días de edad) y manejadas durante el verano, 20 a corral y 20 sobre pradera. En el invierno las terneras de cada grupo fueron estratificadas por peso vivo y asignadas al azar a una de dos estrategias de alimentación, pastoreo de avena con una asignación de forraje (AF) de 5% de PV o confinamiento con una RTM altamente concentrada ofrecida *ad libitum*, dando como resultado 4 tratamientos en un arreglo factorial 2x2, quedando así, cada tratamiento constituido por 10 repeticiones (animales). Durante la primavera y verano fueron manejadas de forma conjunta sobre una pradera al 5% de PV. Del 2 de enero al 6 de marzo 2015 se inseminaron aquellas vaquillonas que estaban en celo y el 15 de mayo se realizó diagnóstico de gestación. Las mediciones realizadas durante el invierno fueron: consumo, eficiencia de conversión, ganancia media diaria, condición corporal (CC) y altura al anca. En la primavera y verano además de medirse ganancia de peso, altura al anca y CC se determinó el desarrollo del tracto reproductivo, nivel de P4 en sangre y se realizó detección de celo para establecer edad a la pubertad. Una vez obtenido el diagnóstico de gestación se determinó % de preñez. Las terneras más precoces y pesadas a la pubertad fueron aquellas que estuvieron en confinamiento durante el invierno (433.1 vs. 406.3 días; $p=0.0157$ y 306.4 vs. 345.1 kg; $p=0.0013$ respectivamente). En éstas, el % de preñez y las probabilidades de concebir antes en el período de IA fueron mayores ($p=0.05$ y $p<0.0001$, respectivamente) que las que pastorearon durante el invierno. La GMD invernala fue mayor en aquellas que estaban en confinamiento (1.470 vs. 0.503 kg; $p<0.0001$). Las GMD primaverales fueron mayores en aquellas terneras que estuvieron a pasto durante el invierno (0.867 vs. 0.519 kg; $p=0.0002$) y en el verano no hubo diferencias entre tratamientos ($p=0.223$). Los consumos no difirieron en %PV entre tratamientos ($p=0.0735$), pero en kg absolutos las vaquillonas en confinamiento durante el invierno consumieron más que las alimentadas a pasto en dicha estación (7.027 vs. 8.182 kg/día; $p=0,0091$), existiendo interacción entre el manejo estival e invernala ($p=0.0493$). Los resultados obtenidos demuestran que terneras alimentadas a corral durante el invierno presentan menor edad a la pubertad y mejor desempeño al primer entore a los 14-15 meses, sin influir el manejo estival previo. Terneras

alimentadas durante el invierno en confinamiento con dietas altamente concentradas, presentan mayor ganancia de peso vivo y eficiencia de conversión, que aquellas pastoreando avena con alta oferta de forraje.

Palabras clave: Recría; Vaquillonas; Pubertad; Nutrición; Feedlot; Performance reproductiva; Hereford.

8. SUMMARY

The present study aims to evaluate the influence of different food strategies, combining grazing and feedlot during the summer (2-5 months) and winter (9-12 months), on growth curves, the achievement of puberty and first service performance at 14-15 month of age, of early weaned Hereford heifers. The experiment was performed at the Estación Experimental Mario A. Cassinoni, in Paysandú, República Oriental del Uruguay, from July 16th 2014 to March 6th 2015. Forty spring-born Hereford female calves of the E.E.M.A.C. breeding herd were used, which were early weaned (66 days of age) and managed during the summer 20 on feedlot and 20 on grassland. In the winter heifers in both groups were stratified by body weight (BW) and randomly assigned to one of two strategies, grazing oats with a forage allowance (FA) of 5% BW or a high-concentrate diet offered *ad libitum* on feedlot pens, leading to 4 treatments with a factorial arrangement 2x2, each one with 10 repetitions (animals). During spring and summer heifers were handled all together on grassland with a FA of 5% BW. From January 2nd to March 6th 2015 heifers that shown heat were inseminated and on May 15th pregnancy diagnosis was made. The measurements taken during the winter were feed intake, conversion efficiency, Average Daily Gain (ADG), Body Condition (BC) and height croup. During the spring and summer besides measuring ADG, BC and height croup it was determined the reproductive tract development, P4 blood level, and heat detection was performed to establish age at puberty. Once obtained the pregnancy diagnosis, the % pregnancy was determined. The most precocious and heavy heifers were the ones who were fed on feedlot during the winter (433.1 vs. 406.3 days; $p=0.0157$ and 306.4 vs. 345.1 kg; $p=0.0013$ respectively). In these heifers the pregnancy % and the probability of conceiving earlier during IA period was greater ($p=0.05$ y $p<0.0001$, respectively) than those who were grazing during winter. The winter ADG was higher on those heifers who were fed on feedlot during the winter (1.470 vs. 0.503 kg; $p<0.0001$). Spring ADG were higher in those grazing during winter (0.867 vs. 0.519 kg; $p=0.0002$) and in summer there was not difference between treatments ($p=0.223$). Dry matter intake did not differ in BW% between treatments ($p=0.0735$), but in absolute kg heifers who were in feedlot during the winter consumed more than those who were grazing (8.182 vs. 7.027 kg/d respectively; $p=0.0091$), being an interaction between summer and winter feeding ($p=0.0493$). The results obtained demonstrate that heifers who were fed on feedlot during the winter reached puberty earlier and had a better performance at the first service with 14-15 months of age, regardless of the previous summer management. Heifers fed in drylots with high-concentrate diets during the winter present higher ADG and CE than those grazing oats with high forage allowance.

Key words: Rearing; Heifers; Puberty; Nutrition; Feedlot; Reproductive performance; Hereford.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, C. C.; Alves, B. R. C.; Li, X.; Tedeschi, L. O.; Zhou, H.; Paschal, J. C.; Riggs, P. K.; Braga-Neto, U. M.; Keisler, D. H.; Williams, G. L.; Amstalden, M. 2012. Gene expression in the arcuate nucleus of heifers is affected by controlled intake of high- and low-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 90:2222– 2232.
2. Amstalden, M.; Garcia, M. R.; Williams, S. W.; Stanko, R. L.; Nizielski, S. E.; Morrison, C. D.; Keisler, D. H.; Williams, G. L. 2000. Leptin gene expression, circulating leptin, and luteinizing hormone pulsatility are acutely responsive to short-term fasting in prepubertal heifers; Relationships to circulating insulin and insulin-like growth factor I. (en línea). *Biol. Reprod.* 63:127–133. Consultado 17 feb. 2015. Disponible en <http://www.biolreprod.org/content/63/1/127.full.pdf>
3. _____; Alves, B. R.; Cardoso, S.; Liu, R. C.; Williams, G. L. 2011. Neuroendocrine pathways mediating nutritional acceleration of puberty; insights from ruminant models. (en línea). *Front. Endocrinol.* 2:109. Consultado 17 feb. 2015. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3356117/pdf/fendo-02-00109.pdf>
4. _____; Cardoso, R. C.; Alves, B. R. C.; Williams, G. L. 2014. Reproduction symposium; hypothalamic neuropeptides and the nutritional programming of puberty in heifers. *J. Anim. Sci.* 92:3211-3222.
5. Araujo Guerra, A. 2004. Pubertad en la hembra bovina. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. s.p. Consultado 18 mar. 2015. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/57-pubertad_en_la_hembra_bovina.pdf
6. Arias, P.; Rodríguez M.; Swarcfarb B.; Sinay I. R.; Moguilevsky J. A. 1992. Effect of insulin on LHRH release by perifused hypothalamic fragments. (en línea). *Neuroen.* 56:415–418. Consultado 20 feb. 2015. Disponible en <http://www.karger.com/Article/Pdf/126257>
7. Arije, G. F.; Wiltbank, J. N. 1974. Prediction of age and weight at puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 38: 803

8. Auzmendi, J.; Udaquiola, M. 2002. Manejo de terneras para servicio precoz. (en línea). Car. Agro. 37: 4-5. Consultado 18 may. 2015. Disponible en <http://www.karger.com/Article/Pdf/126257>
9. Ayala, W.; Quintans, G.; Straumann, J. M.; Vázquez, A. I. 2008a. Algunas estrategias para disminuir la edad al primer servicio en vaquillonas; efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnicera (primer año de evaluación). In: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, UY, INIA pp. 59-63 (Serie Técnica no. 174).
10. _____.; Barreto, S.; Negrín, D.; Quintans, G. 2008b. Algunas estrategias para disminuir la edad al primer servicio en vaquillonas. Efecto del manejo nutricional en el primer invierno y el biotipo sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnicera (segundo año de evaluación). In: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, UY, INIA pp. 64-69 (Serie Técnica no. 174).
11. Bagley, C. P. 1993. Nutritional management of replacement beef heifers; a review. J Anim Sci. 71: 3155-3163.
12. Barreto, S.; Negrín, D. 2005. Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnicera. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 107 p.
13. Bavera, G. A. 2000. Factores que afectan la pubertad, curso de producción bovina de carne. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. s.p. Consultado 20 feb. 2015. Disponible http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/02-factores_que_afectan_la_pubertad.pdf
14. _____.; Bocco, O.; Beguet, H.; Petryna, A. 2005a. Crecimiento y desarrollo compensatorios. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. s.p. Consultado 20 feb. 2015. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/11-crecimiento_y_desarrollo_compensatorios.pdf

15. _____. 2005b. Primer entore. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto. s.p. Consultado 16 mar. 2015. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/17-primer_entore.pdf
16. Beretta, V.; Simeone, A.; Viera, G. 2010. Utilización de avena para pastoreo con terneras Hereford. (en línea). Agrocien. 14(3): 201. Consultado 4 abr. 2015. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~agrocien/index.php/directorio/article/view/485/395>
17. _____.; _____.; Elizalde, J.; Caorsi, C. J.; Lamarca, M. 2012. Destete precoz a corral; una nueva herramienta para una nueva cría. (en línea). In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (14^a, 2012, Paysandú, UY). Una nueva cría... un nuevo engorde... Paysandú, Facultad de Agronomía. UPIC. pp. 14-27. Consultado 4 abr. 2015. Disponible en http://www.upic.com.uy/Upic_2012%20sin%20avisos.pdf
18. 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.
19. Blache, D.; Chagas, L. M.; Martin, G. B. 2007. Nutritional inputs into the reproductiveneuroendocrine control system – a multidimensional perspective. (en línea). Soc. Reprod. Fertil. 64 (suppl.): 123-139. Consultado 17 feb. 2015. Disponible en http://www.researchgate.net/publication/6341051_Nutritional_inputs_into_the_reproductive_neuroendocrine_control_system_a_multidimensional_perspective
20. Bossis, I.; Wettemann, R. P.; Welty, S. D.; Vizcarra, J. A.; Spicer, L. J.; Diskin, M. G. 1999. Nutritionally induced anovulation in beef heifers; ovarian and endocrine function preceding cessation of ovulation. J. Anim. Sci. 77: 1536-1546.
21. Bronson, F. H.; Manning, J. 1991. The energetic regulation of ovulation: a realistic role for body fat. (en línea). Biol Reprod. 44: 945-950. Consultado 12 feb. 2015. Disponible en <http://www.bioreprod.org/content/44/6/945.full.pdf+html>

22. Buskirk, D. D.; Faulkner, D. B.; Ireland, F. A. 1995. Increased postweaning gain of beef heifers enhances fertility and milk production. *J. Anim. Sci.* 73: 937-946.
23. Byerley, D. J.; Staigmiller, R. B.; Berardinelli, J. G.; Short, R. E. 1987. Pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus. *J. Anim. Sci.* 65: 645–650.
24. Campero, C. M. 2002. Selección de vaquillonas para servicio a los 15-17 meses. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. s.p. Consultado 3 mar. 2015. Disponible en http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:nVXGkK4ts2qJ:www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/61-seleccion_vaquillonas.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=uy
25. Campos, R.; Hernández É. 2008. Relación nutrición/fertilidad en bovinos. (en línea). Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. pp.1-55. Consultado 15 feb. 2015. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/3656/1/romulocamposgaona2008.pdf>
26. Cardoso, R. C.; Alves, B. R. C.; Prezotto, L. D.; Thorson, J. F.; Tedeschi, L. O.; Keisler, D. H.; Park, C. S.; Amstalden, M.; Williams, G. L. 2014. Use of a stair-step compensatory gain nutritional regimen to program the onset of puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 92: 2942-2949.
27. Catalano, R.; Callejas, S. 2001. Detección de celos en bovinos. Factores que la afectan y métodos de ayuda. (en línea). *Rev. Med. Vet.* 82: 17-22. Consultado 16 jun. 2015. Disponible en http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Prod_Animal/Documentos/2013/Detecciondecelos.pdf
28. Ceconi, I.; Davies, P.; Méndez, D.; Buffarini, M.; Elizalde, J. 2008. Efecto del nivel de engrasamiento inicial y de la ganancia de peso sobre el engrasamiento final de terneros recriados a corral. (en línea). INTA. Memoria Técnica 2007 – 2008: 69-74. Consultado 22 abr. 2015. Disponible en http://inta.gob.ar/documentos/memoria-tecnica-2007-2008/at_multi_download/file/MT2008.pdf
29. _____.; Méndez, D.; Davies, P. 2010. Efecto del nivel de alimentación y de su alternancia durante la recría a corral sobre la performance de novillos terminados a pasto con y sin suplementación energética. (en línea). INTA. Memoria técnica 2009-2010: 111-112. Consultado 10

abr. 2015. Disponible en http://inta.gob.ar/documentos/memoria-tecnica-2009-2010/at_multi_download/file/MT_2010.pdf

30. Ciccioli, N. H.; Charles-Edwards, S. L.; Floyd, C.; Wettemann, R. P.; Purvis, H. T.; Lusby, K. S.; Horn, G. W.; Lalman, D. L. 2005. Incidence of puberty in beef heifers fed a high- or low-starch diets for different periods before breeding. *J. Anim. Sci.* 83: 2653–2662.
31. Clanton, D. C.; Jones, L. E.; England, M. E. 1983. Effect of rate and time of gain after weaning on the development of replacement beef heifers. *J. Anim. Sci.* 56(2): 280–285.
32. Contatore, L.; Rodríguez, D.; Vago, M. 2007. Potencial de uso de forraje conservado como fuente adicional de fibra para vacunos pastoreando verdeos de invierno (año II), efecto sobre tasa de ganancia, características de la canal y calidad de carne. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 94 p.
33. Costa, A. J.; Moreira, R. B.; Scarsi, M. A. 2007. Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnicera tercer año de evaluación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 119 p.
34. Crown, A.; Clifton, D. K.; Steiner, R. A. 2007. Neuropeptide signaling in the integration of metabolism and reproduction. (en línea). *Neuroend.* 86:175–182. Consultado 15 feb. 2015. Disponible en http://courses.washington.edu/pbio509/Crown_etal.pdf
35. Cuadrado, A. 2010. Efecto de la tasa de ganancia a edades tempranas sobre el desarrollo y edad a la pubertad en terneras Hereford. Tesis Med. Vet. Montevideo, Uruguay. Facultad de Veterinaria. 128 p.
36. Cuelho, N.; Rocha, M.; Tedesco, I. 2012. Evaluación de la incidencia de mortalidad embrionaria precoz (vaca fantasma) en vacas Holando y cruzas Jersey. Tesis Med. Vet. Montevideo, Uruguay. Facultad de Veterinaria. 53 p.
37. Cunningham, M. J.; Clifton, D. K.; Steiner, R. A. 1999. Leptin's actions on the reproductive axis; perspectives and mechanisms. *Biol. Reprod.* 60: 216–222.
38. Damonte, I.; Irazábal, G.; Reinante, R.; Shaw, M. 2004. Efecto de la asignación de forraje y de la suplementación con grano de maíz

entero o molido sobre la performance de novillos Hereford pastoreando verdes durante el otoño. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 139 p.

39. Day, M. L.; Imakawa, K.; Wolfe, P. L.; Kittok, R. J.; Kinder, J. E. 1987. Endocrine mechanisms of puberty in heifers. Role of hypothalamo-pituitary estradiol receptors in the negative feedback of estradiol on luteinizing hormone secretion.(en línea). Biol. Reprod. 37:1054–1065. Consultado 21 feb. 2015. Disponible en <http://www.bioreprod.org/content/37/5/1054.long>
40. _____.; Anderson, L. H. 1998. Current concepts on the control of puberty in cattle. J. Anim. Sci. 76(3): 1–15.
41. _____.; Maquivar, M. 2011. Estrategias nutricionales y hormonales para la inducción a la pubertad en vaquillonas de carne y su impacto en la fertilidad. (en línea). Rev. Tau. (Buenos Aires). 13(52): 4-33. Consultado 28 Abr. 2015. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/195-induccion_pubertad.pdf
42. Di Marco, O. 2006. Eficiencia de utilización del alimento en vacunos. (en línea). Rev. Vis. Rur. 13(61): 1-4. Consultado 28 abr. 2015. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/89-eficiencia_utilizacion_alimento.pdf
43. _____. 2007. ¿Cuánto cuesta producir un ternero?. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. s.p. Consultado 19 jun. 2015. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/94-cuesta_producir_ternero.pdf
44. Díaz, J.; Fernández del Barrio, M. T.; Parede, F. 1997. Aspectos básicos de bioquímica clínica; técnica de detección analítica de drogas (de abuso y terapéutica). Madrid, Días de Santos. 283 p.
45. Domínguez, B. 2013. Factores climáticos que afectan la eficiencia reproductiva en bovinos de doble propósito en el municipio de Jamapa, Ver. (en línea). Tesis Méd. Vet. Zootecnista. Veracruz, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 33 p. Consultado 23 feb. 2015. Disponible en <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/33736>

46. Dunn, T. G.; Moss, G. E. 1992. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J. Anim. Sci.* 70: 1580-1593.
47. Durán, A. 1991. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Hemisferio Sur. 398 p.
48. Eborn, D. R.; Cushman, R. A.; Echtenkamp, S. E. 2013. Effect of postweaning diet on ovarian development and fertility in replacement heifers. *J. Anim. Sci.* 91:4168-4179.
49. Evans, A. C. O.; Adams, G. P.; Rawlings, N. C. 1994. Endocrine and ovarian follicular changes leading up to the first ovulation in prepubertal heifers. (en línea). *J. Reprod. Fertil.* 100:187–194. Consultado 20 feb. 2015. Disponible en <http://www.reproduction-online.org/content/100/1/187.long>
50. Faure, R.; Fernández, O. 1998. La pubertad de la hembra bovina. La Habana, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. 58 p.
51. _____.; Morales, C. 2003a. La pubertad de la hembra bovina; I. aspectos fisiológicos. (en línea). *Rev. Sal. Anim.* 25(1): 13-19. Consultado 18 feb. 2015. Disponible en <http://blogs.censa.edu.cu/faure/files/2012/02/la-pubertad-de-la-hembra-bovina.pdf>
52. _____.; _____. 2003b. La pubertad de la hembra bovina; II. aspectos productivos. (en línea). *Rev. Sal. Anim.* 25 (2): 83-90. Consultado 18 feb. 2015. Disponible en <http://blogs.censa.edu.cu/faure/files/2012/02/la-pubertad-de-la-hembra-bovina2.pdf>
53. Ferreira de Quadros, S. A.; Piva Lobato, J. F. 2004. Bioestimulação e comportamento reprodutivo de novilhas de corte. (en línea). *Rev. Bra de Zootec.* 33(3): 679-683. Consultado 20 feb. 2015. Disponible en <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96893/000559427.pdf?sequence=1>
54. Fiol, C.; Quintans, G.; Ungerfeld, R. 2008. La bioestimulación permite disminuir la edad a la pubertad en vaquillonas de carne. In: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 82-89 (Serie Técnica no. 174).

55. _____. 2014. Manejo de los rodeos de cría para maximizar la eficiencia reproductiva; presentación powerpoint. (en línea). Montevideo, Facultad de Veterinaria. s.p. Consultado 19 may. 2015. Disponible en <http://164.73.28.51/drupal-6.16/sites/default/files/clase%20recr%C3%ADa%20y%20cr%C3%ADa%20OPA%202014.pdf>
56. Fitzgerald, J.; Michel, F.; Butter, W. R. 1982. Growth and sexual maturation in ewes. Dietary and seasonal effects modulating luteinizing hormone secretion and first ovulation. (en línea). Biol. Reprod. 27: 864-870. Consultado 20 feb 2015. Disponible en <http://www.bioreprod.org/content/27/4/864.full.pdf>
57. Flores, J.; Sampedro, D. 2013. Recría de vaquillas. Alternativas para anticipar el primer servicio. (en línea). INTA. Noticias y Comentarios. no. 496: 1-4. Consultado 16 feb. 2015. Disponible en http://inta.gob.ar/documentos/recria-de-vaquillas.-alternativas-para-llegar-a-anticipar-el-primer-servicio.noticias-y-comentarios-n-496/at_multi_download/file/INTA_Recr%C3%ADa%20de%20vaquillas.%20%20Alternativas%20para%20llegar%20a%20anticipar%20el%20primer%20servicio_Not%20y%20Com%20496.pdf
58. Frick, F.; Borges, M. 2003. Factores que afectan la fertilidad de vaquillonas Hereford y Brahman x Hereford entoradas a los 18 meses de edad. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 140 p.
59. Galli, J.R. 1997. Las pasturas como fuente de alimentación de rumiantes. In: Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA. pp. 27-39.
60. García, M. R.; Amstalden, M.; Williams, S. W.; Stanko, R. L.; Morrison, C. D.; Keisler, D. H.; Nizielski, S. E.; Williams, G. L. 2002. Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estrous cycle, and different seasons in cattle. J. Anim. Sci. 80:2158–2167.
61. Gasser, C. L.; Behlke, E. J.; Grum, D. E.; Day, M. L. 2006a. Effect of timing of feeding a high-concentrate diet on growth and attainment of puberty in early-weaned heifers. J. Anim. Sci. 84: 3118-3122.
62. _____.; Grum, D. E.; Mussard, M. L.; Fluharty, F. L.; Kinder, J. E.; Day, M.L. 2006b. Induction of precocious puberty in heifers; I. Enhanced secretion of luteinizing hormone. J. Anim. Sci. 84: 2035-2041.

63. _____.; Burke, C. R.; Mussard, M. L.; Behlke, E. J.; Grum, D. E.; Kinder, J. E.; Day, M. L. 2006c. Induction of precocious puberty in heifers; II. Advanced ovarian follicular development. *J. Anim. Sci.* 84: 2042-2059.
64. _____.; Bridges, G. A.; Mussard, M. L.; Grum, D. E.; Kinder, J. E.; Day, M. L. 2006d. Induction of precocious puberty in heifers; III. Hasstened reduction of estradiol negative feedback on secretion of luteinizing hormone. *J. Anim. Sci.* 84: 2050-2056.
65. _____. 2013. Considerations on puberty in replacement beef heifers. *J. Anim. Sci.* 91 (3):1336–1340.
66. González-Padilla, E. 1978. La aparición de la pubertad en vaquillas. (en línea). *Ciencias Vet.* 2: 293-324. Consultado 18 mar. 2015. Disponible en <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol2/CVv2c11.pdf>
67. Granja, Y. T.; Cerquera, J.; Fernández, O. 2012. Factores nutricionales que interfieren el desempeño reproductivo de la hembra bovina. (en línea). *Rev. Colomb. Cien. Anim.* 4(2): 458-472. Consultado 16 feb. 2015. Disponible en <http://www.recia.edu.co/documentos-recia/vol4num2/revisiones/C-01-REV-04-02-2012-DESEPE%C3%91O-HEMBRA-BOVINA.pdf>
68. Gregory, K. E.; Laster, D. B.; Cundiff, L. V.; Smith, G. M.; Koch, R. M. 1979. Characterization of biological types of cattle-cycles; growth rate and puberty in females. *J. Anim. Sci.* 49: 461-471.
69. Gree, R. C.; Whitman, R. W.; Staigmiller, R. B.; Anderson, D. C. 1983. Estimating the impact of managment decisions on the ocurrence of puberty in beef heifens. *J. Anim. Sci.* 56:30.
70. Guggeri, D.; Meikle, A.; Carriquiry, M.; Montossi, F.; De Barbieri, I.; Viñoles, C. 2014. Effect of different management systems on growth, endocrine parameters and puberty in Hereford female calves grazing Campos grassland. *Rev. Liv. Sci.* 167: 455–462.
71. Hafez, E. S. E. 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales. 6a. ed. México, Interamericana. 542 p.

72. Hall, J. B.; Staigmiller, R. A.; Bellows, R. A.; Short, R. E.; Moseley, W. M.; Bellows, S. E. 1995. Body composition and metabolic profiles associated with puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 73: 3409-3420.
73. _____. 2005. Reproductive evaluation of heifers. (en línea). In: *Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle* (2005, Lexington, Kentucky). Proceedings. Lincoln, University of Nebraska. pp. 279-283. Consultado 24 abr. 2015. Disponible en http://beefrepro.unl.edu/proceedings/2005lexington/21_uk_reproeval_hall.pdf
74. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. (en línea). *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 15(76): 663 – 670. Consultado 5 mar. 2015. Disponible en <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000138.pdf>
75. Heinrichs, J.; Lammers, B.; Gabler, M. s.f. Optimal protein and energy levels for heifers. (en línea). Pennsylvania, Penn State University. Dairy and Animal Science Department. pp. 77-84. Consultado 1 mar. 2015. Disponible en <http://www.rennut.com/sites/all/files/bucknell/2003/Heinrichs.pdf>
76. Hernández, A. 2008. Desarrollo sostenible de ganadería doble propósito; pubertad en la hembra bovina. (en línea). Trujillo, Universidad de los Andes. pp. 531-545. Consultado 18 mar. 2015. Disponible en http://www.avpa.ula.ve/libro_desarrollosost/pdf/capitulo_43.pdf
77. Izard, M. K.; Vandenberg, J. G. 1982. The effects of bull urine on puberty and calving date in crossbred beef heifers. *J. Anim. Sci.* 55 (5): 1160.
78. Invernizzi, G.; Puig, C.; Viroga, S. 2007. Efecto de la asignación de forraje y la frecuencia del cambio de franja sobre la performance de terneros Hereford pastoreando praderas permanentes. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 101 p.
79. Krause, K. M.; Combs, D. K.; Beauchemin, K. A. 2003. Effects of increasing levels of refined cornstarch in the diet of lactating dairy cows on performance and ruminal pH. (en línea). *J. Dairy Sci.* 86: 1341–1353. Consultado 20 feb. 2015. Disponible en [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(03\)73719-9/fulltext](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(03)73719-9/fulltext)

80. La Manna, A.; Tieri, M. P.; Baldi., F; Banchemo, G.; Mieres, J.; Fernández, E.; Pérez, E.; Chalkling, D.; Montossi, F.; Brito, G. 2011. Manejo de la proteína y energía de la recría a la terminación. ¿Cómo afectamos la eficiencia, performance y el producto que logramos? (en línea). In: Jornada de Ganadería (2011, Colonia del Sacramento, Colonia, UY). El menú de la invernada. Montevideo, INIA. pp. 24-35 (Actividades de Difusión no. 658). Consultado 15 mar. 2015. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/112761251011125213.pdf>
81. Laporta, J. 2011. Aspectos moleculares de los mecanismos involucrados en la interacción nutrición-reproducción en bovinos de carne de diferente tipo genético. Tesis M.Sc. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 119 p.
82. Lardner, H. A.; Damiran, D.; Hendrick, S.; Larson, K.; Funston, R. N. 2013. Effect of development system on growth and reproductive performance of beef heifers. J. Anim. Sci. 92: 2620-2629.
83. Lamaire, C.; Stirling, J. s.f. Manejo reproductivo. (en línea). Plan. Agropecuario. Cartilla no. 6. s.p. Consultado 19 jun. 2015. Disponible en <http://www.planagro.com.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart6/Cart6.htm>
84. León, H. V.; Hernández, J.; Keisler, D. H.; Gutiérrez, C. G. 2004. Plasma concentrations of leptin, insulin-like growth factor-I, and insulin in relation to changes in body condition score in heifers. J. Anim. Sci. 82: 445-451.
85. Lombardo, S. 2012. Asignacion de forraje ¿Cuánto pasto hay que ofrecer a los animales? (en línea). Rev. Pl. Agro. 143: 32-35. Consultado 23 jun. 2015. Disponible en http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R143/R_143_32.pdf
86. Lynch, J. M.; Lamb, G. C.; Miller, B. L.; Brandt, R. T. Jr.; Cochran, R. C.; Minton, J. E. 1997. Influence of timing of gain on growth and reproductive performance of beef replacement heifers. J. Anim. Sci. 75: 1715-1722.
87. McCann, J. P.; Hansel, W. 1986. Relationships between insulin and glucose metabolism and pituitary-ovarian functions in fasted heifers. (en

línea). Biol. Reprod. 34: 630-641. Consultado 22 feb. 2015.
Disponible en <http://www.bioreprod.org/content/60/2/405.long>

88. McCartor, M. M.; Randel, R. D.; Carroll, L. H. 1979. Dietary alteration of ruminal fermentation on efficiency of growth and onset of puberty in Brangus heifers. J. Anim. Sci. 48: 488–494.
89. Macoon, B.; Sollenberger, L. E.; Moore J. E.; Staples, C. R.; Fike, J. H.; Portier, K. M. 2003. Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. J. Anim. Sci. 81: 2357–2366.
90. McShane, T. M.; Schillo, K. K.; Boling, J. A.; Bradley, N. W.; Hall, J. B. 1989. Effects of recombinant DNA-derived somatotropin and dietary energy intake on development of beef heifers; I. Growth and puberty. J. Anim. Sci. 67: 2230–2236.
91. Melvin, E. J.; Lindsey, B. R.; Quintal-Franco, J.; Zanella, E.; Fike, K. E., Van Tassell, C. P.; Kinder, J. E. 1999. Estradiol, luteinizing hormone, and follicle stimulating hormone during waves of ovarian follicular development in prepubertal cattle. (en línea). Biol. Reprod. 60:405–412. Consultado 21 feb. 2015. Disponible en <http://www.bioreprod.org/content/60/2/405.long>
92. Monget, P.; Martin, G. B. 1997. Involvement of insulinlike growth factors in the interactions between nutrition and reproduction in female mammals. (en línea). Hum. Reprod. 2(1): 33-52. Consultado 25 feb. 2015. Disponible en http://humrep.oxfordjournals.org/content/12/suppl_1/33.full.pdf
93. Montossi, F.; Soares de Lima, J. M.; Brito, G.; Berretta, E. 2015. Propuestas del INIA para la intensificación sostenible de la ganadería extensiva; el caso de la región de basalto. (en línea). Rev. INIA. 40: 18-23. Consultado 1 jun. 2015. Disponible en http://www.researchgate.net/profile/Fabio_Montossi/publication/274082501_Revista_INIA_-_N_40_18_Produccion_Animal_PROPUESTAS_DE_INIA_PARA_LA_INTENSIFICACION_SOSTENIBLE_DE_LA_GANADERA_EXTENSIVA._El_caso_de_la_regin_de_Basalto/links/5515a1550cf2b5d6a0eaabd1.pdf

94. Moseley, W. M.; McCartor, M. M.; Randel, R. D. 1977. Effects of monensin on growth and reproductive performance of beef heifers. *J. Anim. Sci.* 45:961–968.
95. NRC (National Research Council, US). 1984. Nutrient requirements of beef cattle. 6th. ed. rev. Washington, D. C., National Academy Press. 90 p.
96. _____. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7th. ed. rev. Washington, D.C, National Academy Press. 238 p.
97. Ojeda, A.; Molina, F.; Carmona, D. 2007. Crecimiento compensatorio una estrategia de manejo de la disponibilidad de la pastura. (en línea). Maracay, Universidad Central de Venezuela. s.p. Consultado 27 mar. 2015. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/30-Articulo-4.pdf
98. Pinos, J. M.; Sánchez, M. T. 2001. Efecto del consumo de energía en los procesos reproductores de la hembra bovina; una revisión. (en línea). *Rev. Cient. (Universidad de Zulia)*. 11(3): 256-263. Consultado 18 feb. 2015. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/27503/2/articulo11.pdf>
99. Pordomingo, A. J.; Volpi Lagreca, G.; Pordomingo, A. B.; Stefanazzi, I. N.; Eleva, S. G.; Otemin, M. D. 2007. Efecto de la dieta de recría a corral sobre el aumento de peso en confinamiento y en el pastoreo subsiguiente de vaquillonas para carne. (en línea). *Rev. Arg. Prod. Anim.* 27(1): 78-79. Consultado 22 abr. 2015. Disponible en http://inta.gob.ar/documentos/proyecto-nacional-de-nutricion-animal-1/at_multi_download/file/INTA-%20Cap%201.pdf%20baja%20B.pdf
100. _____.; Kent, F.; Pordomingo, A. B.; Volpi Lagreca, G.; Alende, M. 2010. Efecto del nivel de alimentación en recría a corral sobre la respuesta animal en el pastoreo subsiguiente. (en línea). *Rev. Arg. Prod. Anim.* 30(2):131-141. Consultado 22 abr. 2015. Disponible en <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/2637>
101. Prieto, E.; Hernández, A. 1993. Edad y peso al inicio de la pubertad y seguimiento de los tres primeros ciclos estrales en novillos Holstein. (en línea). *Rev. Med. Vet. Zootec.* 40:7-14. Consultado 3 mar. 2015. Disponible en <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Ls6cYeezR>

102. Purvis, H. T.; Whittier, J. C. 1996. Effects of ionophore feeding and anthelmintic administration on age and weight at puberty in spring - born beef heifers. *J. Anim. Sci.* 74:736.
103. Quintans, G. 2002. Manejo de la recría vacuna en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica sobre la Cría y Recría Ovina y Vacuna (2002, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 43-56 (Actividades de Difusión no. 288).
104. _____. 2008a. Genética y fertilidad; transitando un camino común. In: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 9-10 (Serie Técnica no. 174).
105. _____.; Roig, G. 2008b. Principales factores que afectan la aparición de la pubertad en vaquillonas de razas carniceras. In: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 56-58 (Serie Técnica no. 174).
106. _____. 2008c. Recría vacuna; antecedentes y nuevos enfoques. In: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 53-55 (Serie Técnica no. 174).
107. Randel, R. D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68:853.
108. Roberson, M. S.; Wolfe, M. W.; Stumpf, T. T.; Werth, L. A.; Cupp, A. S.; Kojima, N. 1991. Influence of growth rate and exposure to bulls on age at puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 69: 2092.
109. 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.
110. Romero, B. M.; Araújo, F. O.; Goicochea, L. J.; Esperanza, B. D. 1995. Efecto del plano de nutrición y del predominio racial sobre el crecimiento y aparición de la pubertad en novillas mestizas. (en línea). *Rev. Fac. Agron.* 12: 233-246. Consultado 12 feb. 2015.

Disponible en

http://www.revfacagronluz.org.ve/v12_2/v122z010.html

111. Rovira, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría; pubertad y primer entore. reimp. 2012. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 336 p.
112. Ruíz, J. L.; Uribe-Velásquez, L. F.; Osorio, J. H. 2011. Factor de crecimiento similar a la insulina TIPO 1 (IGF-1) en la reproducción de la hembra bovina. (en línea). *Vet. Zootec.* 5(2): 68-81. Consultado 14 feb. 2015. Disponible en http://200.21.104.25/vetzootec/downloads/MVZ5%282%29_6.pdf
113. SAS. 1999. SAS/STAT user's guide; SAS software (release 8.2). Cary, NC, USA. s.p.
114. Schillo, K. K. 1992a. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 70: 1271-1282.
115. _____.; Hall, J.; Hileman, S. 1992b. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *J. Anim. Sci.* 70: 3994-3996.
116. Schneider, J. E. 2004. Energy balance and reproduction. (en línea). *Physiol. Behav.* 81:289–317. Consultado 17 feb. 2015. Disponible en http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:JDOTtjeA2tAJ:www.researchgate.net/profile/Jill_Schneider/publication/8547583_Energy_balance_and_reproduction/links/0c960518be5a1ba43500000.pdf+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=uy
117. Short, R. E.; Bellows, R. A. 1971. Relationships among weight gains, age at puberty and reproductive performance in heifers. *J. Anim. Sci.* 32: 127-131.
118. _____.; _____.; Staigmiller, R. B.; Berardinelli, J. G.; Custer, E. E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:799-816.
119. Simeone, A. 2000. Producción intensiva de carne. *Rev. FUCREA.* 205:16-19.
120. _____.; Beretta, V. 2008. Encierre de terneros o sistema ADT. (en línea). *In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de carne.* (10ª., 2008, Paysandú, UY). Una década de investigación para una ganadería más eficiente. Paysandú, Facultad de Agronomía.

UPIC. pp. 38-41. Consultado 4 mar. 2015. Disponible en <http://www.upic.com.uy/UPIC%202008.pdf>

121. _____.; Beretta, V.; Elizalde, J.; Caorsi, J. 2012. Agregando valor a la cría; Sistema ADT (Alimentación Diferencial del ternero). *In*: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de carne. (14^a., 2012, Paysandú, UY). Una nueva cría... Un nuevo engorde... Una nueva ganadería. Paysandú, Facultad de Agronomía. UPIC. pp. 28–37. Consultado 4 abr. 2015. Disponible en http://www.upic.com.uy/Upic_2012%20sin%20avisos.pdf
122. Soares de Lima, J. M.; Fernández, E.; Montossi, F.; Banchemo, G. 2012. Impacto productivo y económico de la inserción del corral en sistemas pastoriles. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 12 may. 2015. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/112935270712095210.pdf>
123. _____.; Montossi, F. 2013. Propuestas tecnológicas de la intensificación de la cría vacuna. *In*: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2013, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 7-14 (Serie Técnica no. 208).
124. Stahringer, R. C. 2003. Anestro postparto y pubertad en bovinos de cría. (en línea). Chaco, INTA. pp. 1-3. Consultado 5 feb. 2015. Disponible en http://inta.gob.ar/documentos/anestro-postparto-y-pubertad-en-bovinos-de-cria/at_multi_download/file/INTA%20-%20Anestro%20postparto%20y%20pubertad%20en%20bovinos%20de%20cr%C3%ADa.pdf
125. Straumann, J. M. 2006. Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnífera, primer año de evaluación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 114 p.
126. Summers, A. F.; Weber, S. P.; Lardner, H. A.; Funston, R. N. 2013. Effect of beef heifer development system on average daily gain, reproduction, and adaptation to corn residue during first pregnancy. *J. Anim. Sci.* 92: 2620-2629.
127. Urioste, J. I. 2008. Selección y reproducción en bovinos de carne. *In*: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2008, Treinta y

Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 11-24 (Serie Técnica no. 174).

128. Urrastaroz, E.; De León, M. 2004. Utilización de pasturas y suplementación con granos en invernada. (en línea). In: Proyecto Ganadero Regional Mejoramiento de la productividad y calidad de la carne bovina. Córdoba, INTA. pp. 1-32. (Informe técnico no. 7). Consultado 3 jun. 2015. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/77-pasturas_y_suplementacion_en_invernada.pdf
129. Velazco, J. I.; Quintans, G. 2009. Manejo de la recría de vaquillonas para servicio anticipado a los 15 meses; resultados preliminares. In: Jornada de Divulgación sobre Producción Animal (2009, Treinta y Tres). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 61-68 (Actividades de Difusión no. 591).
130. Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of ruminant. Ithaca, New York, Cornell University. pp. 23-293.
131. Viñoles, C.; Guggeri, D.; Soares de Lima, J. M.; Montossi, F. 2013. Suplementación preferencial del ternero: una alternativa para mejorar la performance de la cría vacuna. In: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 77-88 (Serie Técnica no. 208).
132. _____; Guggeri, D.; Cuadro, P.; Cuadro, R.; Jaurema, M.; De Barbieri I.; Brito, G.; Montossi, F. 2014. Efecto de la edad al destete y la alimentación preferencial sobre la pubertad en terneras Hereford. In: Berretta, E. J.; Montossi, F.; Brito, G. eds. Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del basalto. Montevideo, INIA. pp. 225-233 (Serie Técnica no. 217).
133. Wehrman, M. E.; Kijima, F.N.; Sánchez, T. 1996. Incidence of precocious puberty in developing beef heifers. *J. Anim. Sci.* 74:2462.
134. Wiltbank, J. N.; Rowden, W. W.; Ingalls, J. E. Gregory K. E.; Koch R. M. 1962. Effect of energy level on reproductive phenomena of mature Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 21:219.

135. _____.; Kasson, C. W.; Ingalls J. E. 1969. Puberty in crossbred and straightbred beef heifers on two levels of feed. J. Anim. Sci. 29:602–605.
136. Wolfgang, S. W .s.f. Alimentos complementarios para la producción de carne. (en línea). Montevideo, Universidad de la República. s.p. Consultado 1 jun. 2015. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/TEORICOS/Tema%202.%20Material%20de%20lectura.%20Alimentos.%20Generalidades.pdf>
137. Yelich, J. V.; Wettemann, R. P.; Dolezal, H. G.; Lusby, K.; Bishop, P.D. K.; Spicer, L. J. 1995. Of growth rate on carcass composition and lipid partitioning puberty and growth hormone, Insulin - Like growth factor 1, Insulin, and metabolites before puberty in beef heifers. J. Anim. Sci. 73: 2390-2394.

10. ANEXOS

Cuadro No. 1. GMD estacional expresada en intervalos de confianza, de cada tratamiento

Tratamientos	GMD I	GMD P	GMD V (IA)
CC	[1.327, 1.664]	[0.270, 0.600]	[0.185, 0.359]
CP	[0.272, 0.611]	[0.687, 1.026]	[0.290, 0.456]
PC	[1.266, 1.622]	[0.421, 0.778]	[0.294, 0.496]
PP	[0.361, 0.764]	[0.675, 1.080]	[0.303, 0.523]

CC: Corral-corral. CP: Corral-Pasto. PC: Pasto-corral. PP: Pasto-pasto.

Cuadro No. 2. Valores promedios de PV en distintos momentos por efectos principales y tratamientos.

Variable	PV inicio I	PV fin I	PV inicio IA	PV fin IA
Manejo estival (V) ¹	P=0.0073	P=0.0724	P=0.2504	P=0.5452
Pasto	188.4	257.7	324.2	365.2
Corral	211.2	277.1	336.0	372.1
Manejo invernal (I) ²	P=0.6645	P<0.0001	P=0.0002	P=0.0034
Pasto	198.1	229.8	308.2	350.8
Corral	201.5	304.9	352.0	386.6
I x V	P=0.2476	P=0.1084	P=0.3376	P=0.7132
Corral-Corral	217.7	323.4	363.0	392.1
Corral-Pasto	204.7	230.8	309.1	352.1
Pasto-Corral	185.4	286,5	341.1	381.0
Pasto-Pasto	191.4	228.8	307.2	349.4

Cuadro No. 3. Valores promedio de consumo por efectos principales y tratamientos.

Variable	Consumo %PV	Consumo kg absolutos
Manejo estival (V) ¹	P=0.1641	P=0.0417
Pasto	3.50	7.24
Corral	3.64	7.96
Manejo invernal (I) ²	P=0.0735	P=0.0091
Pasto	3.48	7.03
Corral	3.66	8.18
I x V	P=0.1959	P=0.0493
Corral-Corral	3.66	8.20
Corral-Pasto	3.61	7.73
Pasto-Corral	3.65	8.16
Pasto-Pasto	3.34	6.33
	P valor	P valor
Medición	<0.0001	0.0097
Ver*med.	<0.0001	0.5080
Inv*med.	<0.0001	0.0471
Ver*inv*med.	<0.0001	-

Cuadro No. 4. Valores promedio por efectos principales y tratamientos para cada variable reproductiva

	Manejo verano		Manejo invierno		Tratamientos				p valor	
	Pasto	Corral	Pasto	Corral	CC	CP	PC	PP	Verano	Invierno
Eda a pubertad (días)	427,7	411,7	433,1	406,3	396,6	426,7	415,9	439,5	0,1513 ns	0,0157 *
Peso a pubertad (días)	322,5	329,0	306,4	345,1	353,9	304,0	336,3	308,8	0,5595 ns	0,0013 **
Inseminadas 21	0,620	0,604	0,450	0,753	0,700	0,500	0,800	0,400	0,9237 ns	0,0647*
Inseminadas 42	0,143	0,247	0,247	0,143	0,200	0,300	0,100	0,100	0,4281 ns	0,4281 ns
Inseminadas pasando 42	0,00023	0,00023	0,100	0,0005	0,0000	0,100	0,0000	0,100	1 ns	0,9699 ns
Repite	0,333	0,444	0,387	0,387	0,444	0,444	0,333	0,333	0,5265 ns	1 ns
STR1	1,4	1,72	1,21	1,89	2,11	1,33	1,7	1,1	0,0828 +	0,0005 **
STR2	1,5	1,85	1,25	2,1	2,3	1,4	1,9	1,1	0,1035 ns	0,0002 **
STR3	1,75	1,8	1,5	2,05	2,1	1,5	2	1,5	0,59 ns	0,0003 **
STR4	2,1	2,15	1,85	2,4	2,5	1,8	2,3	1,9	0,9821 ns	<0,0001 **
STR5	2,9	3,4	2,55	3,75	3,9	2,9	3,6	2,2	0,0791 +	<0,0001 **
STR6	2,85	3,47	2,68	3,6	4	2,89	3,2	2,5	0,1283 ns	0,0176 *
STR7	2,95	3,58	2,74	3,75	4,1	3	3,4	2,5	0,0971 +	0,0071 **
STR8	3,35	3,55	2,85	4,05	4,1	3	4	2,7	0,5981 ns	0,0011 **
STR9	3,9	4,1	3,35	4,45	4,6	3,6	4,3	3,5	0,5383 ns	0,0091 **
STR10	3,88	4,21	3,63	4,53	4,67	3,8	4,38	3,44	0,3332 ns	0,0154 *
STR11	4,25	4,55	4,05	4,75	4,8	4,3	4,7	3,8	0,319 ns	0,0475 *