

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTADO DE AGRONOMÍA**

**CARACTERIZACIÓN DEL PESO VIVO Y LA EDAD A LA PUBERTAD EN  
TERNERAS DE DIFERENTES BIOTIPOS DE RAZAS PARA CARNE**

**por**

**Germán PANISSA GERMANO**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2009**

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. (Ph.D) Graciela Quintans

-----  
MVD. (Ph.D) Raquel Pérez

-----  
Ing. Agr. Juan Bolivar Rodriguez

Fecha:

-----

Autor:

-----  
Germán María Panissa Germano

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Ing. Agr. (Ph.D) Graciela Quintans y al Ing. Agr. Fernando Pereyra por el tiempo dedicado y el haber compartido además de conocimientos teórico prácticos, su pasión por la cría vacuna.

Al DMV. (Msc.) Carlos López y a la Ing. Agr. Antonia Scarsi por acompañarme y haber volcado desinteresadamente su experiencia y sus aportes al presente trabajo.

A los ingenieros agrónomos Pablo Boggiano y Alicia Vaz quienes propusieron y supervisaron las determinaciones sobre las pasturas, imprimiéndole al trabajo una gran calidad técnica.

Al director de la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt, Ing. Agr. Yerú Pardiñas y en general a todo su personal, y muy especialmente a los funcionarios de ganadería: Tec. Agr. Dorrel Bentancur, Baltasar Martínez y Oscar Cáceres.

Al estadístico Perito Agr. Vilfredo Ibañez.

A la Lic. Sully Toledo por su minucioso trabajo de corrección en la presente tesis.

A mi familia y amigos por su apoyo permanente a lo largo de toda carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCION</u> .....	1
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u> .....	3
2.1 <u>DEFINICIÓN DE PUBERTAD</u> .....	3
2.2 <u>MODIFICACIONES ENDOCRINAS Y SOMÁTICAS ASOCIADAS AL INICIO DE LA PUBERTAD</u> .....	4
2.2.1 <u>Relación de algunos metabolitos sobre el inicio de la pubertad</u> .....	5
2.2.2 <u>Actividad endocrina pre y post puberal</u> .....	7
2.2.2.1 <u>Primeras semanas de vida</u> .....	7
2.2.2.2 <u>A partir de las primeras semanas hasta inicio de pubertad</u> .....	8
2.2.3 <u>Ciclos cortos y su relación con el inicio de la pubertad</u> .....	9
2.2.4 <u>Instalación de ciclos estrales normales</u> .....	9
2.3 <u>FACTORES QUE AFECTAN LA ENTRADA EN PUBERTAD</u> .....	14
2.3.1 <u>Factores principales</u> .....	14
2.3.1.1 <u>Edad</u> .....	14
2.3.1.2 <u>Peso vivo</u> .....	15
2.3.1.3 <u>Nutrición y tasas de ganancia</u> .....	18
2.3.1.4 <u>Genotipo</u> .....	28
2.3.2 <u>Factores secundarios</u> .....	45
2.3.2.1 <u>Fotoperíodo</u> .....	45
2.3.2.2 <u>Inducción de la ovulación mediante tratamientos químicos u hormonales</u> .....	46
2.3.2.3 <u>Bioestimulación</u> .....	48
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u> .....	51
3.1 <u>LOCALIZACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL EXPERIMENTO</u> .....	51
3.2 <u>MATERIAL EXPERIMENTAL</u> .....	51
3.2.1 <u>Animales</u> .....	51
3.2.2 <u>Pasturas</u> .....	52
3.3 <u>TRATAMIENTOS</u> .....	53
3.4 <u>MANEJO EXPERIMENTAL</u> .....	54
3.4.1 <u>Periodo invernal</u> .....	55
3.4.2 <u>Periodo primavera – otoño</u> .....	57
3.5 <u>DETERMINACIONES</u> .....	58

3.5.1 <u>Sobre los animales</u> .....	58
3.5.1.1 Inicio de actividad productiva.....	58
3.5.1.2 Peso vivo.....	59
3.5.2 <u>Sobre las pasturas</u> .....	59
3.5.2.1 Disponibilidad de materia seca.....	59
3.5.2.2 Proporción de suelo desnudo, verde, seco, y altura....	59
3.5.2.3 Calidad.....	59
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	60
4. <u>RESULTADOS</u> .....	62
4.1 RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE LAS PASTURAS.....	62
4.1.1 <u>Precipitaciones (PPI) y disponibilidad de materia seca</u> .....	62
4.1.2 <u>Porcentaje de restos secos, materia verde y suelo desnudo</u> .....	64
4.1.3 <u>Calidad</u> .....	65
4.2 EVOLUCIÓN DE PESO VIVO Y GANANCIA ANIMAL.....	66
4.2.1 <u>Pesos vivo promedio estacionales y curvas de crecimiento</u> .....	66
4.2.2 <u>Pesos vivo principio y fin de invierno y tasa de ganancia</u> <u>invernal</u> .....	69
4.2.3 <u>Tasas de ganancia</u> .....	71
4.3 RESULTADOS REPRODUCTIVOS.....	73
4.3.1 <u>Porcentaje de animales púberes</u> .....	76
4.3.2 <u>Peso y edad a la pubertad</u> .....	77
5. <u>DISCUSION</u> .....	79
6. <u>CONCLUSIONES</u> .....	86
7. <u>RESUMEN</u> .....	87
8. <u>SUMMARY</u> .....	88
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	89

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Modelo de control endocrino de la pubertad en vaquillonas.....	11
2. Peso al primer celo y porcentual de peso vivo de vaquillonas Braford de varios grados de sangre.....	17
3. Porcentaje de vaquillonas que entraron en pubertad durante el experimento, peso y edad de las mismas a la Pubertad, en tres trabajos nacionales.....	22
4. Efectos de la ganancia de peso post-destete sobre la edad a la pubertad de vaquillonas Braford.....	25
5. Peso y Edad a la Pubertad bajo diferentes niveles nutricionales pre-destete.	26
6. Peso, edad a pubertad y porcentaje de preñez para los distintos biotipos.....	30
7. Altura a la cadera en Pubertad de varios biotipos y sus cruza bajo dos sistemas de manejo (pastoreo y confinamiento) .....	42
8. Respuesta de la bioestimulación sobre la edad en la que vaquillonas alcanzan la pubertad.....	49
9. Número de animales por biotipo en cada experimento.....	52
10. Descripción general de las pasturas utilizadas para cada experimento.....	52
11. Peso, edad y desvío estándar de los distintos tratamientos al comienzo de cada experimento.....	53
12. Resultados de: PC, FDA, FDN, CEN y DMO del campo natural por estación.....	65
13. Peso vivo promedio (media $\pm$ sem) por biotipo al final de cada estación.....	66
14. Peso vivo promedio (media $\pm$ sem) por biotipo al final de cada estación.....	68
15. Peso vivo promedio (media $\pm$ sem) al inicio, al final del invierno y tasa de ganancia invernal (media $\pm$ sem) por biotipo.....	69
16. Peso vivo promedio (media $\pm$ sem) al inicio, al final del invierno y tasa de ganancia invernal (media $\pm$ sem) por biotipo.....	70
17. Tasas de ganancia (media $\pm$ sem) por biotipo para primavera, verano, otoño e invierno.....	71
18. Tasas de ganancia (media $\pm$ sem) por biotipo para primavera, verano, otoño e invierno.....	72
19. Porcentaje y frecuencia de animales púberes por biotipo (experimento 1)...	76
20. Porcentaje y frecuencia de animales púberes por biotipo (experimento 2)...	76
21. Peso y edad a pubertad según biotipo.....	77
22. Peso (media $\pm$ sem) y edad (media $\pm$ sem) a pubertad según biotipo.....	78

Figura No.

1. Modelos que explican la regulación de la secreción de GnRH a partir de la disponibilidad de glucosa y leptina.....	5
2. Regresión entre la concentración de receptores de estradiol en el citosol de (a) hipotálamo anterior, (b) hipotálamo basal medio, y (c) hipófisis anterior en vaquillonas y la estimación de los días a pubertad.....	13
3. Efecto del peso en el inicio del entore sobre la tasa de preñez de vaquillonas Braford apareadas a los 24 meses de edad.....	18
4. Porcentaje de vaquillonas, Brahman x Hereford y promedio de cruza reciprocas Angus-Hereford, en celo a diferentes pesos (Kg.) y edades (días). Adaptado de Gregory et. al. (1979).....	33
5. Resumen de las principales actividades de los experimentos.....	55
6. Disponibilidad (KgMS/ha/mes) vs. Precipitaciones mensuales (jun/04 – may/05).....	63
7. Disponibilidad (KgMS/há/mes) vs. Precipitaciones mensuales (jun/05 – abr/06).....	63
8. Porcentaje de restos secos, material verde y suelo desnudo por mes (jun/04-may/05).....	64
9. Porcentaje de restos secos, material verde y suelo desnudo por mes (jun/04-abr/06).....	65
10. Curvas de crecimiento para cada biotipo.....	67
11. Curvas de crecimiento para cada biotipo.....	68
12. Perfil de progesterona de una vaquillona que nunca entró en pubertad.....	74
13. Perfiles de progesterona de vaquillonas que entraron en pubertad y se mantuvieron ciclando hasta el último sangrado.....	75
14. Perfil de progesterona de una vaquillona que entro en pubertad y luego cayo en anestro.....	75

## **1. INTRODUCCION**

En Uruguay, la producción de carne constituye uno de los rubros más importantes de la economía, constituyendo en el año 2008 el 18,3% del producto bruto agropecuario. Sin embargo, la cría se caracteriza por tener una baja eficiencia, no logrando superar en los últimos 20 años a nivel nacional el 63 % de destete promedio (URUGUAY. MGAP, 2000). A ello hay que agregarle que un alto porcentaje de vaquillonas aptas (edad adecuada) para concebir no son entoradas, lo que implica casi 1,5 millones de vaquillonas (15 % del stock bovino total) categoría compuesta por vaquillonas con más de 2 años sin entorar (470 mil) y vaquillonas de 1 a 2 años (900 mil) (URUGUAY. MGAP, 2000).

En los últimos años en Uruguay se esta dando una fuerte competencia por la tierra, donde otros rubros van relegando a la cría a las zonas más marginales del país. Para que la producción de carne siga teniendo un papel importante en las exportaciones, entre otras medidas, cada productor criador deberá transitar por un camino de adopción de nuevas tecnologías que le permitan disminuir parte de éstas ineficiencias.

Investigadores nacionales han venido trabajando para identificar y levantar algunas de esas ineficiencias, ya sea para incrementar los procreos como para disminuir la edad al primer servicio. La presente tesis forma parte de una línea de investigación desarrollada en INIA Treinta y Tres desde el año 2002 que busca dilucidar los principales mecanismos que están influyendo en el éxito de servicios anticipados de vaquillonas. Es así que se han evaluado y desarrollado distintas alternativas, especialmente de manejo nutricional, para un servicio a los 15 – 18 meses de edad.

Por otra parte, los primeros datos generados a nivel nacional respecto del peso al que debían llegar las vaquillonas para alcanzar la pubertad era de 260 Kg. y una edad entre 13 y 15 meses (Pttaluga y Rovira, 1968). Recientemente Quintans (2002) observó



que solo el 40% de vaquillonas con 14-15 meses de edad y 280 Kg. presentaba cuerpo lúteo. A partir de estas observaciones se comenzó con una línea de investigación en el año 2002 en la Unidad Experimental Palo a Pique, perteneciente a INIA Treinta y Tres y un Proyecto complementario en la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt, en el cual se enmarca esta tesis.

Las hipótesis de trabajo planteadas fueron que: teniendo en cuenta que en las últimas décadas el ganando de carne de razas tradicionales (especialmente Hereford) ha aumentado de tamaño como producto de la incorporación de genética americana y canadiense, es probable esperar que el peso a la pubertad (expresado como porcentaje del peso adulto) haya aumentado también. Por otra parte, la distribución de las tasas de ganancias de peso vivo podría también tener efecto sobre el momento de aparición y el peso a la pubertad.

El objetivo específico del presente trabajo fue realizar una caracterización en términos de peso y edad a pubertad para los biotipos más comúnmente utilizados en el país (Hereford y Aberdeen Angus puros y sus cruces, y Braford). Por otra parte con este trabajo se intenta hacer un aporte más al conocimiento dentro del área de manejo reproductivo de la vaquillona de carne.

## **2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 DEFINICIÓN DE PUBERTAD**

La pubertad en las hembras se define como el momento en que se manifiesta el primer celo o estro acompañado de la ovulación correspondiente (Rovira, 1996). Pero tal como lo dice Morán et al. (1989), actualmente se conoce que pubertad no es necesariamente sinónimo de primera ovulación. Estos autores sostienen que transcurre cierto tiempo luego de la primera ovulación y el inicio de la pubertad, tiempo en el que ocurren ciclos cortos y ovulaciones silentes.

En tal sentido Kinder et al. (1987), define la pubertad en la hembra como el primer comportamiento estral acompañado por el desarrollo de un cuerpo lúteo que se mantiene por un periodo de tiempo característico para cada especie.

Tras analizar varias definiciones de pubertad, presentadas por diferentes autores, Araujo (2004), determina que la pubertad, en general, es el periodo del desarrollo somático de un individuo joven que alcanza su madurez sexual, teniendo valores normales de gonadotropinas, evolución completa de los genitales y caracteres sexuales secundarios, haciéndose apto para la gestación. Bavera (2000c), distingue dos etapas en este proceso teniendo como limite el primer pico preovulatorio de LH, denominando periodo prepuberal a los acontecimientos inmediatamente previos a este pico y puberal a los acontecimientos que ocurren luego del primer pico de LH.

## **2.2 MODIFICACIONES ENDOCRINAS Y SOMÁTICAS ASOCIADAS AL INICIO DE LA PUBERTAD**

La función reproductiva en la vaquillona es controlada por interacciones entre el sistema nervioso central, la hipófisis y el ovario. Los centros cerebrales superiores reciben información nerviosa a partir de los ambientes externos e internos (Barcellos, 2003). Se destacan entre esas señales, la percepción de la estructura corporal y el peso vivo, la edad, la temperatura ambiente, condición nutricional y las interacciones sociales (Bagley, 1993). Además, los perfiles endocrinos y las relaciones entre hormonas también son percibidos por los centros cerebrales superiores (Barcellos, 2003). Todas estas informaciones son procesadas en el hipotálamo y traducidas por medio de señales neuroendocrinas, las cuales van a comandar el desencadenamiento de las liberaciones hormonales necesarias para que se desarrolle la actividad prepuberal (Kinder et al., 1987).

Paralelamente a las modificaciones endocrinas que desencadenan la pubertad, se evidencian cambios a nivel de los órganos sexuales, los cuales se van preparando para cumplir con sus funciones sexuales y reproductivas. Desde el nacimiento hasta el período prepuberal inmediato, el crecimiento y desarrollo de los órganos reproductivos se efectúa de una manera gradual, en consonancia con el desarrollo general del cuerpo. Cuando empieza a decrecer la tasa de crecimiento general del cuerpo, es cuando el desarrollo de los genitales se hace máximo (Bavera, 2000c).

Los principales centros reguladores del equilibrio endocrino son: el hipotálamo, la hipófisis y el sistema vegetativo. El primero estrechamente relacionado con los otros dos (Fernández Abella, 1993). De esta forma se generan mecanismos de retrocontrol, (retroalimentación o feedback), positivos o negativos que controlan la función de cada glándula (Fernández Abella, 1993).

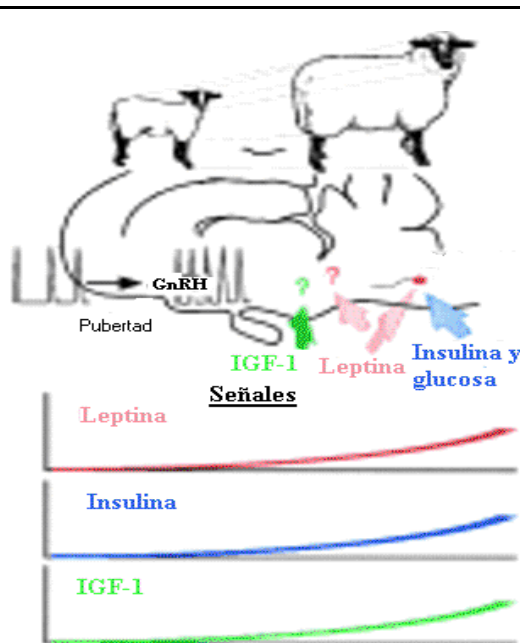
Si bien se manejan muchas hipótesis acerca de cual es en, última instancia el desencadenante del aumento en la frecuencia de la LH y en definitiva el inicio de la actividad reproductiva, siguen vigentes los trabajos de Kennedy y Mitra, citados por Foster y Nagatani (1999), los cuales son la base de la teoría que involucra a la energía como principal responsable, como lo muestra la figura 1. En tal sentido se ha propuesto que la glucosa, insulina o aminoácidos puedan proveer al cerebro de la información (Steiner et al., citados por Foster y Nagatani, 1999).

### 2.2.1 Relación de algunos metabolitos sobre el inicio de la pubertad

Las señales metabólicas, como sustratos o productos

del Figura 1. Modelos que explican la regulación de la secreción de GnRH a partir de la disponibilidad de glucosa y leptina. Tomado de Foster y Nagatani (1999).

al., 1985). Dichas señales metabólicas que son traducidas como un inadecuado tamaño corporal o un pobre nivel nutricional, mantienen el oscilador neural en un estado relativamente bajo, de manera que el folículo preovulatorio no pueda desarrollarse (Foster et al., 1985).



Fisiológicamente, los ácidos grasos y la hormona de crecimiento (GH) son inhibidores de la LH, mientras IGF-1, insulina y tiroxina son estimuladoras. Sin embargo es la disponibilidad de energía total mas que un metabolito u hormona especifica lo que determinaría los efectos de la nutrición sobre la secreción de LH prepuberal (Barcellos, 2003).

Según Kinder et al. (1987), el AGV propiónico, debe estar involucrado en la modulación de la secreción endocrina en vaquillonas prepúberes.

Luna-Pinto y Cronje (2000), no encontraron aumentos significativos en la concentración de glucosa en torno a la pubertad en vaquillonas. No obstante Foster y Nagatani (1999), mostraron que la concentración de glucosa se incrementaba durante la pubertad, por lo que una carencia en la disponibilidad de energía, producto de una alimentación restringida, puede impedir una adecuada secreción de LH que estimule la función ovárica (Richards et al., citados por Yelich et al., 1996). Reportes sobre la relación entre la concentración plasmática de glucosa y actividad luteal son contradictorios (Richards et al., Rutter y Manns, citados por Luna-Pinto y Cronje, 2000) y aun no se han identificado mecanismos claros.

Los incrementos en la concentración de ácidos grasos no esterificados, o su sigla en ingles (NEFA), son indicativos de un balance energético negativo y liberación de ácidos grasos desde los adipositos (Richards et al., Eisemann et al., Bines y Hart, citados por Yelich et al., 1996). Este autor, al someter a vaquillonas a una dieta restrictiva, seguida de una realimentación logro un aumento de los NEFA en la primera etapa del ensayo, lo que probablemente ocurrió como resultado de una disminución de la insulina y un incremento en la concentración de GH en suero, lo cual incremento la lipólisis y altero la lipogénesis (Simpson et al., Eisemann et al., DiMarco et al., citados por Yelich et al., 1996).

### **2.2.2 Actividad endocrina pre y postpuberal**

Los procesos de maduración que culminan en la pubertad y madurez sexual de las vaquillonas se inician antes del nacimiento, continúan en la prepubertad (mas de 50 días antes de la pubertad) y en la peripubertad (50 días antes de la pubertad) y se completan rápidamente después de la pubertad (Stahringer, 2003).

Algunos componentes del sistema endocrino de hembras prepúberes se presentan funcionales mucho antes de que ocurra la pubertad (Kinder et al., 1987). Por ejemplo, la hipófisis responde a secreciones hipotalámicas y los ovarios responden a gonadotropinas exógenas durante fases tempranas de la maduración sexual, bastante antes de la primera ovulación (Kinder et al., 1987), mientras que Odell et al., citados por Schillo et al. (1982), observo incrementos en la concentración de LH en terneras ovariectomizadas de un mes de edad. No obstante esto, aparentemente hay al menos un componente del sistema endocrino de corderas y terneras prepúberes incapaz de funcionar como lo haría de forma madura hasta la pubertad o próximo a esta (Kinder et al., 1987).

#### **2.2.2.1 Primeras semanas de vida**

Durante las primeras semanas post nacimiento, existe una importante secreción de hormonas gonadotrópicas (Thimonier et al., Foster et al., Liefer et al., citados por Fernández Abella, 1993), así como variaciones en el desarrollo folicular (Kennedy et al., Achour y Mariana, citados por Fernández Abella, 1993). Terminado este periodo neonatal, la actividad endocrina de las gónadas pasa por una etapa de quiescencia hasta retomar nuevamente niveles destacables semanas previas a la pubertad (Fernández Abella, 1993).

### **2.2.2.2 A partir de las primeras semanas hasta inicio de la pubertad**

La baja frecuencia de pulsos de LH en corderas y terneras prepúberes, impide la maduración final del folículo preovulatorio. El estradiol ovárico actúa a nivel del hipotálamo para suprimir la generación de pulsos de LHRH, lo cual mantiene la secreción de LH a niveles bajos, lo que a su vez evita el crecimiento folicular al punto que no se da la ovulación.

El ovario queda sometido a una secreción de gonadotropina inhibidora desde muy temprana edad. Esta actividad inhibitoria de gonadotropina, se mantiene aparentemente a través de la etapa prepuberal. La remoción de los ovarios resulta en un aumento de la secreción de LH a niveles iguales o superiores a los detectados durante la fase folicular del ciclo estral de una vaca adulta (Hobson y Hansel, citados por Schillo et al., 1982). El incremento en la concentración de LH en suero sería el resultado del incremento en la frecuencia de los pulsos de LH, con pulsos que se generarían a una tasa de 1/hora luego de la ovariectomía (Kinder et al., 1987). Beck et al., citados por Schillo et al. (1982), demostraron que mediante implantes tanto de estradiol 17-B (E2), como de progesterona revierte el aumento de la concentración sérica de LH. Estos autores además demostraron que es necesaria una combinación de E2 y progesterona para reducir los niveles de LH a un nivel similar al que presentaban previo a la castración.

### **2.2.3 Ciclos cortos y su relación con el inicio de la pubertad**

Este tipo de situaciones se da porque ocurre una secreción de estradiol que es capaz de lograr el comportamiento sexual o estro, pero existe una falla en la ovulación o

en el subsiguiente desarrollo de un cuerpo lúteo (Kinder et al., 1987). Según Wiltbank et al. (2002) una fase luteal corta puede deberse a la secreción temprana de PGF $2\alpha$  desde el útero

La primera ovulación de la vaquillona en la pubertad no se acompaña de estro, porque solo hay estradiol en la circulación. Sin embargo la segunda ovulación es causada por estrógenos del folículo el cual junto con la progesterona del cuerpo amarillo en involución inducen el estro conductual (Costa et al., 2007). Si bien se sabe que en los bovinos son necesarias pequeñas cantidades de progestágenos y estrógenos para inducir el celo, el efecto de la progesterona durante los ciclos luteales cortos sobre la subsiguiente funcionalidad del sistema endocrino y los ovarios no esta del todo claro aun.

Imakawa, citado por Frick y Borges (2003), menciona que no es suficiente que la vaquillona tenga su primer celo, sino que luego que se alcanza la pubertad es necesario que continúe ganando peso para mantener ciclos estrales.

#### **2.2.4 Instalación de ciclos estrales normales**

Existen diversas hipótesis acerca de cuales serian los mecanismos que desencadenan la instalación de los ciclos estrales normales. La escuela de Michigan propone un esquema basado en cambios en la pulsatilidad de la LH, provocados principalmente al producirse un decrecimiento en la sensibilidad al feedback negativo del estradiol, lo cual ha sido avalado experimentalmente mediante la administración de LH en forma pulsátil (Foster et al., citados por Fernández Abella, 1993).

De acuerdo con la teoría gonadostática presentada por Kinder et al. (1987) las bajas concentraciones de LH son mantenidas debido a la capacidad de respuesta del eje hipotálamo-hipófisis a la acción del feedback negativo al estradiol. A medida que ocurre la maduración sexual, la capacidad de respuesta al feedback negativo al estradiol decrece



y aumenta la secreción de LH al punto de estimular el crecimiento folicular, lo que lleva a una mayor producción de estrógenos que determina el pico preovulatorio de LH, proceso que culmina con la ovulación (McCann en ratas, Faiman y Winter en mujeres, citados por Scillo et al. 1982, Foster 1985 en ovinos, Kinder et al. 1987 en vaquillonas).

En corderas inmaduras, el generador de pulsos de GnRH esta operativo, ya que tiene la capacidad de estimular la secreción de LH en intervalos de una hora. Sin embargo, no lo hace ya que el sistema se encuentra hipersensible a la acción del feedback negativo de pequeñas cantidades de estradiol producido por los ovarios. Esto da como resultado una baja frecuencia del generador de pulsos de GnRH y pulsos de LH producidos a intervalos de 2, 3 o mas horas. Esta baja frecuencia de pulsos de LH, es capaz de provocar liberaciones de estradiol, aunque insuficientes como para desarrollar un folículo preovulatorio y el consecuente pico de LH (Foster et al., 1985). En torno a los 50 días previos a la pubertad comienzan a llegar señales positivas al sistema nervioso central sobre el peso vivo y la condición nutricional de la vaquillona, el hipotálamo se encuentra altamente sensible a los bajos niveles circulantes de esteroides. Estos esteroides de origen supra-renal y de pequeñas estructuras foliculares del ovario, actúan a nivel del hipotálamo y la hipófisis a través de una retroalimentación negativa sobre la síntesis y secreción de factores de liberación de gonadotrofinas (GnRH) y directamente sobre la LH (Barcellos, 2003). Según Stahringer (2003), el aumento del número de pulsos de LH liberados por hora durante la maduración sexual es el principal factor endocrino que regula el inicio de pubertad en vaquillonas. El Cuadro 1 propone un modelo de control endocrino en la pubertad de vaquillonas.

Cuadro No. 1 – Modelo de control endocrino de la pubertad en vaquillonas

	<b>-130</b>	<b>-60 días</b>	<b>-40 días</b>	<b>-20 días</b>	<b>1<sup>er</sup> ovulación</b>
--	-------------	-----------------	-----------------	-----------------	---------------------------------

	días				
Receptores a estradiol (hipotálamo e hipófisis)					<b>Variable</b>
Feedback del estradiol sobre la LH					
Frecuencia de pulso de LH	<b>Baja</b>	<b>Baja</b>	<b>Media</b>	<b>Alta</b>	<b>Pico pre ovulatorio</b>
Secreción de estradiol y peso uterino					

Fuente: Kinder et al. (1987)

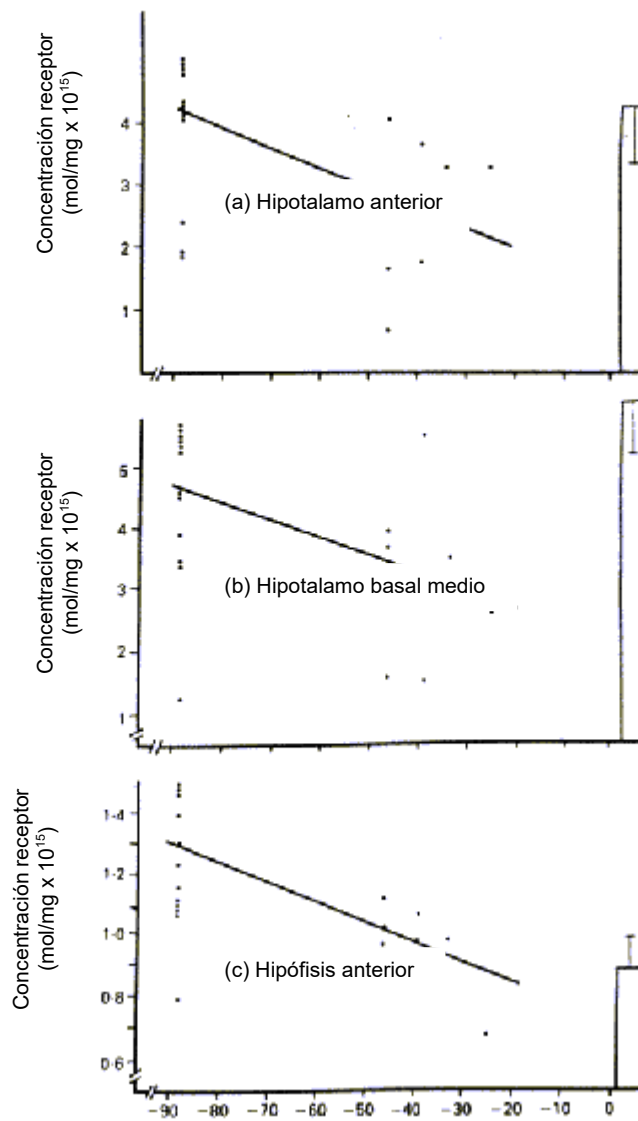
En un animal sexualmente maduro, en la fase folicular de su ciclo estral, la frecuencia del generador de pulsos de GnRH es relativamente alta y se producen pulsos de LH a intervalos menores o iguales a una hora. Esta alta frecuencia de pulsos de LH, conduce a los folículos a realizar una secreción de estradiol, que induce una descarga masiva de gonadotropina requerida para alcanzar la ovulación (Foster et al., 1985).

La otra hipótesis plantea que si bien la pulsatilidad de LH existente puede ser importante, el principal factor desencadenante de la pubertad es la bioactividad de esta gonadotropina (Adams et al., Buckingham y Wilson, citados por Fernández Abella, 1993).

La inducción del pico preovulatorio de gonadotropinas causado por el estradiol, es un componente del sistema endocrino que resulta esencial para que ocurra la pubertad (Kinder et al., 1987). Picos de LH similares a los que ocurren previos a la ovulación en vacas adultas, fueron inducidos en vaquillonas prepúberes mediante el uso de estradiol (Schillo et al., 1982), indicando además que dicha respuesta es más rápida en vaquillonas de 4 meses que en vaquillonas de 8 y 12 meses. Esto concuerda con

Staigmiller et al., citados por Kinder et al. (1987) al expresar que este componente del sistema endocrino se vuelve funcional entre los tres y cinco meses de edad en vaquillonas. El estradiol inhibió la secreción de LH en vaquillonas prepúberes ovariectomizadas tanto de 60 como de 200 días de edad al mismo tiempo luego de la administración del estradiol (Staigmiller et al., citados por Kinder et al., 1987). Contrario a lo que mantenía Squires et al., citados por Kinder et al. (1987), Foster y Karsch, citados por Kinder et al. (1987) sostienen que el estradiol exógeno no es efectivo en inducir una ovulación y posterior desarrollo de un cuerpo lúteo que se mantenga a lo largo de un ciclo estral completo. También trabajando con vaquillonas ovariectomizadas, Day et al. (1984) encontraron que la capacidad del estradiol para suprimir la secreción de LH disminuía, y esto ocurría coincidentemente con la aparición de la pubertad en vaquillonas contemporáneas pero sin extracción de ovarios.

A lo largo del periodo de desarrollo sexual de la vaquillona, se da una disminución en la concentración de receptores para estradiol a nivel de hipotálamo e hipófisis anterior, como lo muestra la Figura No. 2 (Kinder et al. 1987, Evans et al., citados por Barcellos 2003). Esta disminución en los receptores coincide con una caída al feedback negativo al estradiol y un aumento en la secreción de LH (Kinder et al., 1987). Este mismo autor sugiere que la caída en el número de receptores al estradiol, puede ser responsable por la reducción del feedback negativo al estradiol en la secreción de LH. En la medida que la señales ambientales y metabólicas son positivamente percibidas por el sistema nervioso central (SNC), la sensibilidad a los esteroides y a los neuropioides disminuye, ocurriendo un aumento en la frecuencia de liberación de LH, lo que coincide con el periodo de inicio de la pubertad (Barcellos, 2003).



Fuente: Kinder et al. (1987)

Figura 2. Regresión entre la concentración de receptores de estradiol en el citosol de (a) hipotálamo anterior, (b) hipotálamo basal medio, y (c) hipófisis anterior en vaquillonas y la estimación de los días a pubertad. Coeficiente de correlación para la concentración media de receptores fueron  $r=0,48$  en (a),  $r=0,45$  en (b) y  $r=0,53$  en (c). Los histogramas dan una media  $\pm$  c.m.e valores para 5 vaquillonas púberes

conexiones sinápticas que conducen los mensajes al hipotálamo y con ello producen

menos GnRH (Wray y Hoffman, citados por Barcellos, 2003). Este proceso se revierte a medida que se da la maduración en términos de tamaño somático o de estructura corporal, permitiendo los procesos que desencadenaran la pubertad.

## **2.3 FACTORES QUE AFECTAN LA ENTRADA EN PUBERTAD**

Según Gregory et al. (1966), Wiltbank (1966), Baker (1967), Roy et al., citados por Frick y Borges (2003), una vez alcanzado determinado peso, la aparición de la pubertad ya no depende de la alimentación, sino de otros factores. Hafez (1993) coincide con esa observación y mencionan que existen otros factores además del peso vivo que afectan la edad a la que se alcanza la pubertad, entre los que se encuentran la raza, el ambiente físico, el fotoperíodo, el número de machos presente, la heterosis, la temperatura ambiental y el ritmo de crecimiento antes y después del destete.

Si bien son bien conocidos los factores que afectan la entrada en pubertad, falta aun comprender como es que estas señales actúan para determinar el inicio de la actividad reproductiva.

### **2.3.1 Factores principales**

#### **2.3.1.1 Edad**

La edad de entore en vaquillonas de carne es una variable de gran impacto sobre la productividad física del sistema de producción (Laster et al. 1972, Laster et al. 1979, Dow et al. 1982, Hall et al. 1997), siendo la edad mas adecuada para el primer servicio, dependiente de cada sistema de producción (Quintans, 2002). No obstante, Bavera (2000c), reporta una correlación negativa de -0,32 entre la edad a la pubertad y la eficiencia reproductiva, o sea que a menor edad a la pubertad, mayor eficiencia reproductiva en la vida útil del animal.

En la vaquillona la pubertad ocurre después de un periodo de 6 a 24 meses de maduración post-natal, en una tasa que depende fundamentalmente de factores ambientales y genéticos (Barcellos, 2003). Bajo circunstancias normales, una hembra no entrara en pubertad hasta que no alcance un estado de crecimiento que le asegure la capacidad de tener y cuidar una cría (Quintans, 2002). Por esta razón la pubertad esta mas pobremente relacionada con la edad cronológica y mas fuertemente con el estado de desarrollo, peso vivo y presencia de adecuadas reservas corporales (Lindsay, citado por Quintans, 2002). Por su parte Gree, citado por Araujo (2004), considera que aunque la edad a la pubertad no esta determinada por un peso persé, si lo esta por un orden indeterminado de condiciones fisiológicas que resultan de un peso dado. En tanto Nelsen et al., citados por Frick y Borges (2003), indican que es necesario una edad mínima para que las hembras presenten su primer celo. Laster et al. (1979) hallaron una correlación de 0,90 entre la edad y el peso a la pubertad en varias razas y cruas.

### **2.3.1.2 Peso vivo**

La evidencia de que la ocurrencia de un peso vivo mínimo, asociado a la edad cronológica en vaquillonas de carne, seria el principal mecanismo desencadenador de la expresión de la actividad reproductiva, es consenso de varios autores (Lamond, Roche y Diskin, citados por Barcellos, 2003). No obstante Costa et al. (2007), concluyen en su trabajo que el peso estático no sería el único factor determinante de la llegada a la pubertad sino que la dinámica de la ganancia de peso sería también un factor de importancia a tener presente.

Esta ampliamente documentado, incluso a nivel nacional que aquellos animales que alcanzan la pubertad más tempranamente lo hacen a pesos mayores, respecto de animales que alcanzan la pubertad más tardíamente, que lo hacen a pesos menores.

Ejemplo de esto son los resultados de Costa et al. (2007), donde terneras cruzas británicas alcanzaron la pubertad con 228,4, 255,8, 264,0 kg de peso vivo y edades de 488, 447, 434 días respectivamente.

Patterson et al. (1992), cita algunos estudios en los cuales se correlaciono la edad cronológica y el peso vivo con el primer celo fértil, dichos valores resultaron mas significativos para peso vivo, siendo que el estro ocurrió siempre dentro de un intervalo restringido de peso para cada genotipo

De modo general la vaquillona esta apta para ser entorada al alcanzar el 60-65% del peso vivo de la vaca adulta, pero para las razas sintéticas, en particular el Braford, ese porcentaje puede ser levemente superior (Barcellos, 2003). Algunos ejemplos de esto se presentan en el cuadro No. 1. Por su parte Pittaluga y Rovira (1968), Kunkle y Sand (1993), Barcellos (2003), proponen que la vaquillona de reemplazo deberá llegar al inicio del entore con un 65% del peso de un animal adulto (453 Kg.), o sea 294 Kg. En tanto Hafez (1993) expresa que en ganado para carne se alcanza la pubertad cuando el peso es de 45 a 55% del peso corporal adulto, lo que en condiciones normales, ocurre alrededor de los 12 meses en bovinos.

A nivel nacional, los primeros trabajos que reportaron peso vivo y edad a la pubertad, fueron conducidos por Pittaluga y Rovira (1968). Dicho peso para vaquillonas Hereford sometidas a un plano nutricional alto en pastoreo, fue de 260 Kg y para bajo fue de 239 kg. Actualmente en un trabajo realizado en la Unidad Experimental Palo a Pique (INIA – Treinta y Tres) conducido por Quintans et al. (2003), se observo que solo el 40 % de las terneras cruzas Aberdeen Angus x Hereford evaluadas (y que habían logrado altas tasas de ganancias invernales), habían alcanzado la pubertad presentando 280 Kg. de peso vivo. Esto llevo a pensar que a nivel nacional la incorporación de genética extranjera (especialmente la americana) podría haber cambiado el tamaño

adulto de los ganados (Quintans 2002, Quintans 2003), y por ende el peso vivo al que las vaquillonas alcanzan la pubertad. Hipótesis que fue confirmada en los trabajos de Barreto y Negrin (2005), Straumann (2006). Por ejemplo este ultimo autor concluye que cuando se logró que todos los animales alcanzaran la pubertad (a través de una alta tasa de ganancia invernal), el peso alcanzado fue superior a los 290 kg, para vaquillonas cruza Aberdeen Angus x Hereford.

Cuadro No. 2 – Peso al primer celo y porcentual de peso vivo de vaquillonas Braford de varios grados de sangre.

<b>Grado de sangre</b>	<b>Peso al 1er. Celo (Kg)</b>	<b>% del Peso de la Vaca Adulta</b>
25N-75H (1/4B)	324,0a	60
37,5N-62,5H (3/8B)	319,0a	62
43,7N-56,3H (3,5/8B)	325,0a	66
50N-50H (1/2B)	343,0b	65
75N-25H (3/4B)	353,0b	70

N – Nelore, H – Hereford, B - Braford

Fuente: Barcellos (2003)

Según Araujo (2004), son muy amplias las diferencias que se pueden encontrar entre razas e incluso dentro de una misma raza, con respecto a la edad y el peso con que un determinado individuo alcanza la pubertad.

En base a un trabajo conducido por Barcellos, citado por Barcellos (2003), se concluye que el peso de la vaquillona Braford presenta una relación lineal con la tasa de preñez en su primer entore (Figura 3).



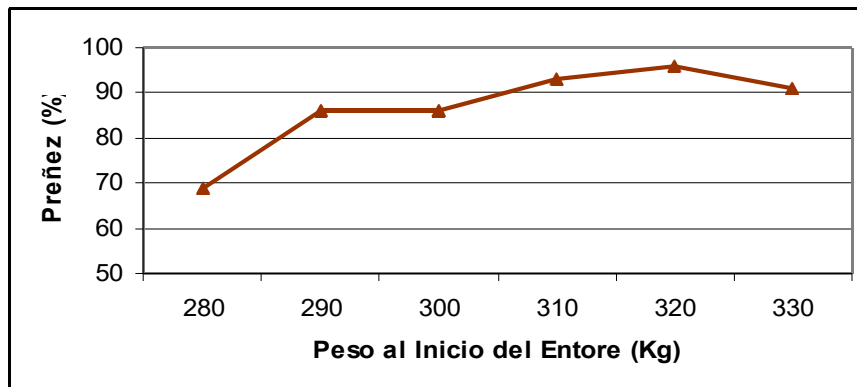


Figura 3. Efecto del peso en el inicio del entore sobre la tasa de preñez de vaquillonas Braford apareadas a los 24 meses de edad.

Fuente: Barcellos (2003)

### 2.3.1.3 Nutrición y tasas de ganancias

Los mecanismos por los cuales el “pulsar” es afectado por la nutrición, aun no están dilucidados, aunque según Fernández Abella (1993), todos los resultados preliminares indican una asociación a fallas en la regulación energética. Lo que sí se conoce es que el nivel de alimentación afecta los pulsos de liberación de GnRH, lo que a su vez afecta la liberación de LH y FSH. Por ende la subnutrición promueve una baja frecuencia en los pulsos de LH, lo que lleva a una pobre secreción de estradiol por parte del folículo, que a su vez impide los picos de LH y la ovulación. En base a esto se concluye que una subnutrición retarda la pubertad (Arije et al. 1971, Day et al., Kurz et al., citados por Yelich et al. 1996). Day et al., citados por Kinder et al. (1987) encontraron que la concentración de LH disminuía en vaquillonas prepúberes que recibían una alimentación restringida, respecto de vaquillonas bien alimentadas, 120 días previos a la pubertad. Este autor encontró que en las vaquillonas bajo dietas restringidas, disminuía tanto la frecuencia de los pulsos como su amplitud. Esta respuesta se basa en la capacidad que presentan los organismos vivos de monitorear su status nutricional y en función de ello, regular su desarrollo reproductivo. Incluso, una vez sexualmente

maduros, cambios nutricionales pueden deprimir o mejorar la actividad reproductiva. En términos generales, todos los autores básicamente concuerdan en que buenos niveles nutricionales se asocian con animales más jóvenes y más pesados a la pubertad (Wiltbank et al. 1960, Wiltbank et al. 1966, Wiltbank et al. 1969, Short y Bellows 1971, Stewart et al. 1980, Yelich et al. 1995).

El restablecimiento de la secreción de LH tras una subnutrición, ocurre independientemente del peso vivo del animal (Foster et al., Suttie et al., citados por Adam y Robinson, 1994).

En la búsqueda de alternativas nutricionales que permitan maximizar el uso de los nutrientes, ha sido estudiado el uso de proteína no degradable, ácido propiónico, monensina sódica en vaquillonas en post-destete, no observando diferencias en la edad al primer estro (Lalman et al., citados por Barcellos, 2003). No obstante se constataron algunos mecanismos que pueden afectar la pubertad. En ese experimento, el consumo de proteína no degradable mejoro la disponibilidad de propionato, con mayor ganancia de peso y anticipación de la pubertad. Purvis y Whittier, citados por Barcellos (2003), en ensayos con ionoforos y vermifugos, verificaron reducción de la edad a la pubertad exclusivamente debido a alteraciones en el aprovechamiento de los nutrientes. Estudios realizados por Kunkle y Sand (1993), demuestran que la alimentación con adecuados niveles de proteína en vaquillonas resulta crítica para tener una buena performance reproductiva. Generalmente la acción de la nutrición sobre la aparición de la pubertad se debe a un bajo nivel nutricional general, principalmente por la deficiencia de energía, pero frecuentemente se complica con deficiencia de proteínas y también de minerales y/ o vitaminas o algunos de estos nutrientes por separado (Bavera, 2000a).

Se plantean dos hipótesis fundamentalmente acerca de cómo la nutrición afecta la pubertad. Por un lado, Schillo et al. (1992), sugiere que el estado nutricional afecta la

liberación pulsátil de LH, siendo que en una situación de baja energía, falla el ritmo de frecuencia de su liberación. Incluso en corderas ovariectomizadas, en las cuales no está presente el feedback negativo al estradiol, una subnutrición deprimió la liberación de LH (Foster et al., 1985). Por lo tanto, el nivel nutricional, incluso en ausencia del feedback negativo al estradiol puede tener un fuerte efecto modulador en la actividad del generador de pulsos de GnRH (Foster et al., 1985). Por su parte Foster et al., citados por Foster y Nagatani (1999), confirman esto tras realizar determinaciones directas de GnRH en la hipófisis de corderos que se sometieron a un lento crecimiento mediante alimentación restringida. La frecuencia de picos de GnRH fue menor comparada con corderos alimentados ad libitum. Además encontraron que esta baja frecuencia de pulsos de GnRH puede incrementarse rápidamente mediante una mejora en la nutrición. Otra hipótesis que intenta explicar la relación entre la pubertad y la nutrición es la disminución de la sensibilidad del hipotálamo a los bajos niveles de estrógenos circulantes en la medida en que el peso vivo se aproxima a un peso meta. Ese peso mínimo garantizaría un tamaño somático al hipotálamo, que lo haría maduro y sería menos estimulado por bajos niveles de estrógenos para liberar el LH de una forma pulsátil mas intensa y con mayor frecuencia. (Evans et al., citados por Barcellos, 2003).

Kinder et al. (1987), sugiere que las tasas de crecimiento de los animales puede estar influenciando las tasas de maduración sexual en corderas y terneras. También Barreto y Negrin (2005), proponen que la distribución de las tasas de ganancia de peso vivo podría tener un efecto sobre el momento y el peso a la pubertad. Es así que bajos consumos de energía retardan la pubertad en corderas y terneras (Luna-Pinto y Croje, 2000). Por otro lado una alta tasa de crecimiento puede además resultar en un aumento del peso de los órganos internos en relación al peso vivo, lo cual puede incrementar la tasa metabólica aumentando las necesidades de nutrientes destinados al mantenimiento (Koong et al., citados por Luna-Pinto y Cronje, 2000). Foster et al., citados por Kinder et al. (1987) trabajando con corderas encontró que la frecuencia de pulsos de LH se reducía

y el estradiol continuaba ejerciendo su acción de feedback negativo a la liberación de LH, cuando disminuían las tasas de crecimiento. Por lo tanto, la tasa a la cual se generaban los pulsos era mas baja en corderas que recibían una alimentación restringida. De la misma manera, estos animales que recibían una dieta restringida, cuando pasan a consumir dietas ad libitum, disminuye la sensibilidad del estradiol al feedback negativo con lo cual aumenta la secreción de LH (Foster y Olster, citados por Kinder et al., 1987).

Short y Bellows (1971), trabajando con vaquillonas de cruza reciprocas entre Aberdeen Angus y Hereford, someténdolas a diferentes tasas de ganancias invernales (alta, media y baja), encontraron que a medida que aumentaba el plano nutricional durante el invierno, la edad a la pubertad disminuía. En tal sentido, concluyeron que la alimentación invernal tiene una marcada influencia sobre la edad a la pubertad. En este mismo trabajo, se encontró que los tratamientos bajas y medias ganancias invernales, si bien en el verano presentaron ganancias superiores al tratamiento alto, la edad a la pubertad en los dos primeros igual se retraso. Esto sugiere que no existe el crecimiento compensatorio en aspectos reproductivos, lo que concuerda con lo encontrado por otros investigadores (Wiltbank et al. 1966, Wiltbank et al. 1969, Quintans 2002, Barreto y Negrin 2005, Straumann 2006, Costa et al. 2007).

En nuestro país Pittaluga y Rovira (1968) ya hacían referencia a la importancia de las ganancias invernales, al concluir en uno de sus trabajos que: es posible entorar terneras a los 15 meses de edad criadas bajo condiciones exclusivas de pastoreo, siempre y cuando hagan buenas ganancias de peso durante su primer invierno de vida. Mas recientemente también en nuestro país se ha venido trabajando en determinar la influencia sobre la pubertad de distintas tasas de ganancias invernales (primer invierno de las terneras) (Barreto y Negrin 2005, Starumann 2006, Costa et al. 2007). Todos manejaron diferentes tasas de ganancias invernales, pero siempre sobre la base del pastoreo. Barreto y Negrin (2005), manejaron dos tasas de ganancia: PPI (Pérdida de Peso Invernal con pérdidas del orden de los 116 grs/día) y GPI (Ganancia de Peso Invernal con ganancias medias diarias de unos 400 grs/día). Por su parte Straumann

(2006) manejo tres tasas de ganancia: T (perdidas de peso del 222 grs/día), M (leves ganancias del orden de los 116 grs/día) y G (logrando tasas de ganancias de 650 grs/día). En tanto el ultimo año de evaluación conducido por Costa et al. (2007), manejaron tres niveles de ganancias invernales: B (Baja, perdidas de 100 a 150 grs/día), M (Media, ganancias moderadas de 100 a 150 grs/día) y A (Alta, ganancias de entre 400 a 600 grs./día). Los resultados más importantes obtenidos en estos trabajos se resumen en el cuadro No. 3.

Cuadro No. 3 - Porcentaje de vaquillonas que entraron en pubertad durante el experimento, peso y edad de las mismas a la Pubertad, en tres trabajos nacionales (Barreto y Negrin 2005, Straumann 2006, Costa et al. 2007).

<b>Tratamiento Invernal</b>	<b>Vaquillonas que entran en Pubertad (%)</b>	<b>Peso Promedio a la Pubertad (Kg)</b>	<b>Edad Promedio a la Pubertad (Días)</b>
<b>GPI</b>	83 (15/18) a*	294,8 ± 8,16 a*	463,8 ± 7,35 b*
<b>PPI</b>	39 (7/18) b*	278,3 ± 11,83 a*	498,5 ± 10,65 a*
<b>T</b>	9,1 (1/11) b ***	246 ± 17,5 a**	486 ± 21,2 a**
<b>M</b>	41,7 (5/12) b ***	277,8 ± 7,8 ab**	466,2 ± 9,5 a**
<b>G</b>	100 (12/12) a ***	294 ± 5,0 b**	452,5 ± 6,1 a**
<b>B</b>	16,7 (2/12) a**	228,4 ± 24,3 a**	488 ± 27 a**
<b>M</b>	75,0 (9/12) b**	255,8 ± 10,3 a**	447 ± 12 a**
<b>A</b>	58,3 (7/12) b**	264,0 ± 11,8 a**	434 ± 13 a**

\* Diferentes letras en la misma columna difieren estadísticamente al 1%

\*\* Letras diferentes entre filas expresan diferencias estadísticas al 5%

\*\*\* Letras diferentes entre filas expresan diferencias estadísticas al 5%

GPI – Ganancia de peso invernal. PPI – Perdida de peso invernal. T – Perdida de peso invernal. M – Leves ganancias de peso invernal. M – Buenas ganancias de peso invernal. B - Perdida de peso invernal. M - Leves ganancias de peso invernal. A - Buenas ganancias de peso invernal.

En el caso del trabajo conducido por Barreto y Negrin (2005), las vaquillonas sometidas a ganancia de peso invernal fueron más jóvenes (463.8 días) respecto a aquellas que perdieron peso en el mismo período (498.5 días) y no hubo diferencias

estadísticas en el peso alcanzado a la pubertad (294.8 vs. 278.3 Kg. para GPI y PPI respectivamente. Straumann (2006), por su parte, encontró que las vaquillonas que tuvieron altas ganancias de peso durante el invierno, presentaron mayores pesos a la pubertad respecto de los tratamientos con moderada ganancia y pérdida de peso durante dicho periodo. Otra conclusión importante que resulta de este trabajo, es que el peso al final del invierno el cual reflejó la ganancia invernal, fue un buen predictor de la precocidad sexual. Las vaquillonas que fueron más pesados en este momento (GPI) tuvieron mayor porcentaje de animales púberes al final del experimento (83 % vs. 39 %), respecto a los de menor peso en este momento (PPI). Por lo que se confirma que es más importante la distribución estacional de la ganancia de peso, que el peso en sí (Barreto y Negrin, 2005).

La definición de la edad con que la vaquillona será apareada definirá el peso meta al inicio del periodo reproductivo y el ritmo de crecimiento en la fase post-destete. Así, la necesidad de ganancia sería determinada por el peso al destete y por la edad de entore. Cuanto más temprano la vaquillona es apareada, mayor ganancia de peso se exige (Kunkle y Sand 1993, Rovira 1996, Barcellos 2003). Freetly y Cundiff (1997), opinan que alimentar las terneras de manera que logren ganancias de pesos moderadas parece ser una opción de manejo interesante con el fin de bajar los costos de generar los reemplazos.

Wiltbank et al. (1985) encontraron que vaquillonas de la raza Hereford llegan a la pubertad con un peso de 238, 248 y 259 Kg., pero con 433, 411 y 388 días de edad, respectivamente. La gran diferencia en la edad para alcanzar el peso mínimo se debió a la tasa de ganancia diaria de peso en el post-destete de 0,230, 0,450 y 0,680 Kg./día, respectivamente. Esta tendencia también fue reportada por otros autores (Arije et al. 1971, Short y Bellows 1971).

Bavera (2000b), asegura que la ganancia diaria en un nivel bajo de alimentación tiene un marcado efecto sobre la edad a la pubertad, pero no en el nivel alto, lo que estaría indicando que después que se alcanza un determinado peso, las variaciones en la edad a la pubertad serían consecuencia de otros factores y no debidas a las diferencias en la velocidad de crecimiento. Por otro lado Yelich et al. (1996), manejando dos estrategias de ganancia (alta vs. Baja-Alta) en vaquillonas Aberdeen Angus prepúberes, encontraron que las vaquillonas sometidas a altas ganancias durante todo el periodo (1,36 Kg/día), fueron mas jóvenes ( $P < 0,001$ ) pero no mostraron diferencias ( $P > 0,10$ ) en peso vivo y condición corporal respecto de aquellas sometidas a bajas (0,23 Kg/día) y luego altas ganancias (1,36 Kg./día). Una situación similar encontró Barcellos, citado por Barcellos (2003), trabajando con vaquillonas Braford, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 4. Yelich et al. (1996), además encontró que lo que se lograba con una restricción de alimento seguida de una realimentación era generar una gran dispersión en las edades a la pubertad. 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, mientras que una alimentación excesiva no acelera la aparición de la pubertad, pues los animales deben tener una determinada edad umbral de acuerdo a su raza o cruce (Bavera, 2000a).

Cuadro No. 4 – Efectos de la ganancia de peso post-destete sobre la edad a la pubertad de vaquillonas Braford

<b>Tasa de ganancia (Kg/día)</b>	<b>Edad a la pubertad (días)</b>
0,500	433 a
0,750	319 b
1,000	337 b
1,250	358 b

Letras iguales en la columna no son estadísticamente diferentes ( $P > 0,05$ )

Fuente: Barcellos (2003)

En cuanto a la influencia de las tasas de ganancia pre-destete sobre el peso y la edad a la pubertad Pittaluga y Rovira (1968) realizaron un ensayo al respecto. Se trabajó con 38 terneras Hereford que constituían dos lotes que habían tenido distintos niveles nutricionales pre-destete. Los pesos al destete fueron 174,3 Kg. para el plano alto y 139,2 para el bajo. Durante el periodo experimental ambos grupos estuvieron bajo niveles nutricionales altos, lo que les permitió buenas ganancias de peso, que no difirieron estadísticamente. Para este experimento la entrada en pubertad se determinó mediante la manifestación del celo y se detectó con toritos vasectomizados y marcados, lo que puede generar alguna diferencia con los métodos actualmente utilizados (Progesterona en suero sanguíneo). Los resultados se presentan en el Cuadro No. 5, y muestran que los diferentes planos nutricionales pre-destete tuvieron influencias estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) sobre el peso a la pubertad pero no sobre la edad a la pubertad.



Cuadro No. 5 – Peso y Edad a la Pubertad bajo diferentes niveles nutricionales pre-destete.

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>Plano nutritivo pre-destete</b>	
	<b>ALTO</b>	<b>BAJO</b>
Edad a la Pubertad (días)	<b>405</b>	<b>425</b>
Peso a la Pubertad (Kg.)	<b>260</b>	<b>239 **</b>

\*\* P < 0,05

Fuente: Pittaluga y Rovira (1968)

### **Crecimiento compensatorio**

Ryan, citado por Frick y Borges (2003), define crecimiento compensatorio como el crecimiento por encima de las tasas normales que se observa en ciertas ocasiones luego de un periodo de restricción nutricional tal que los animales ganen muy poco, mantengan o pierdan peso, y que esa restricción se mantenga por un periodo de tiempo suficiente que permita a los animales adaptarse al pobre estado nutritivo. Bocco et al. (2005), lo define como un mecanismo de autodefensa. La restricción puede ser producida por una escasez en la cantidad o en la calidad del alimento. Este periodo en general es relativamente largo para asegurar una adaptación a un bajo nivel nutricional y que posteriormente ocurra un crecimiento compensatorio (Barcellos, 2003).

Bocco et al. (2005), describe los factores que a su juicio gobiernan el crecimiento compensatorio:

- Naturaleza de la restricción
- Intensidad y duración de la restricción
- Estado de desarrollo del animal al comienzo de la restricción
- Esquema y duración del periodo de realimentación
- Razas o velocidad relativa para alcanzar la madurez

Lynch et al. (1997), manipularon la ganancia de peso en el post-destete para maximizar las ventajas de la ganancia compensatoria y observaron en vaquillonas alimentadas para ganar 0,600 Kg./día, durante 160 días, o 0,250 y 1,14 Kg./día, durante 112 y 48 días, respectivamente, una edad de 406 y 386 días en la pubertad, respectivamente. Esos resultados muestran que hay una amplia posibilidad de manipulación de las ganancias de peso para minimizar los costos con alimentación. Barcellos (2003), en tanto, sugiere que animales sometidos a niveles nutricionales muy bajos hasta los 9 meses y recibiendo un incremento significativo en la ganancia después de esa edad, podrán retrasar la edad a la pubertad. A similares conclusiones arribaron Freetly y Cundiff (1997), indicando que si las condiciones de la pastura son adecuadas durante el entore, una restricción moderada en las ganancias de peso postdestete pueden reducir los costos de alimentación de las vaquillonas sin comprometer su performance reproductiva.

Quintans et al. (2002), por su parte, trabajando con vaquillonas de biotipos británicos, concluye que no existiría crecimiento compensatorio para la madurez sexual, sugiriendo que las ganancias deben lograrse de forma constante a lo largo de la vida del animal (Barreto y Negrin 2005, Straumann 2006). Según Hall et al. (1997), la restricción en la ganancia hasta 9,5 meses para no retardar la edad a la pubertad no debe ser inferior a 0,450 Kg/día.

Joubert, citado por Short y Bellows (1971), encontró que vaquillonas no suplementadas durante el invierno, mostraron crecimiento compensatorio sobre pasturas durante el verano, al compararse con vaquillonas suplementadas durante el invierno. También Luna-Pinto y Cronje (2000) encontraron crecimiento compensatorio trabajando con vaquillonas de razas lecheras. En dicho experimento se trabajó con dos grupos de animales, uno de los cuales se sometió a una restricción en la dieta por trece semanas y

otro control, al que se le permitieron ganancias superiores. Una vez cumplido este periodo, ambos grupos recibieron la misma alimentación y el grupo previamente restringido, presento ganancias diarias por encima del grupo control. Estas diferencias, son mas acentuado en las primeras 4 semanas de las 13 que abarco el manejo común para ambos grupos, hecho que ha sido descrito por varios autores y se atribuye a la relación entre proteína y grasa que componen los primeros y los subsecuentes kilogramos de ganancia (Wright y Russel, Sainz et al., Hornick et al., citados por Luna-Pinto y Cronje, 2000) y a diferencias en la utilización de la energía y la proteína (Fox et al., citados por Luna-Pinto y Cronje, 2000).

#### **2.3.1.4 Genotipo**

##### **Aspectos raciales (raza pura) y heterosis**

El peso vivo con que las vaquillonas alcanzan la pubertad puede estar influenciado por la variación genética entre y dentro de las razas, teniendo algunas veces mas peso la variación dentro de una raza que entre razas. Así, las razas de carne de rápido crecimiento y de gran tamaño adulto llegan a la pubertad mas tarde y con un mayor peso vivo relativo (Patterson et al., 1992), que las de menor ganancia y de tamaño menor (Martin et al., citados por Barcellos, 2003). Estos conceptos ya habían sido mencionados anteriormente por Laster et al. (1972) como resultado de varias de sus experiencias.

Kunkle y Sand (1993), proponen que el biotipo seleccionado influenciara el peso y la edad con que las vaquillonas podrán ser entoradas por primera vez. Ferrel (1982), trabajando con varias razas británicas y continentales encontró que el porcentaje de preñez a los 15 meses se vio mas afectado por la raza que por la ganancia diaria post-

destete. Por su parte González et al., citados por Araujo (2004), señala que existen diferencias significativas para la edad a la pubertad entre razas y cruzas, mas no para el peso a la pubertad en ganado de carne. En tal sentido, las cruzas entre razas continentales son menos precoces que las cruzas entre razas británicas, mientras que los cruzamientos con cebú demoran más en alcanzar la pubertad que las razas continentales, ya que el cebú puro alcanza la pubertad a una edad considerablemente más avanzada que el bovino europeo (Bavera, 2000a). Por su parte Baker et al. (1989), midiendo: peso, edad, altura a la cadera y área pélvica, reporto que las vaquillonas Jersey a la pubertad resultaron las más livianas, las más jóvenes y presentaron menor altura a la cadera y área pélvica respecto de Angus, Brahman, Hereford y Holstein. Del mismo experimento se desprende que Brahman resulto el biotipo mas pesado, de mayor edad, mas alto y con mayor área pélvica a la pubertad que los demás biotipos citados. Los mismos resultados se reportaron para las cruzas de Brahman y las cruzas de Jersey. Un estudio similar, en condiciones de pastoreo fue conducido por Dow et al. (1982) arrojando la misma tendencia en cuanto al comportamiento de los biotipos y las cruzas utilizadas. En este experimento no se utilizo Holstein ni Jersey, en cambio se agrego Red Poll a los biotipos utilizados por Baker (1989). Los resultados fueron claros al demostrar que las vaquillonas Brahman, Hereford y sus cruzas presentaron más edad al momento de alcanzar la pubertad, siendo las vaquillonas Red Poll y sus cruzas las más jóvenes en alcanzar la pubertad. Freetly y Cundif (1997), evaluando 1275 vaquillonas encontraron variaciones de la misma magnitud entre y dentro de razas, pero no verificaron diferencias significativas entre razas en el porcentaje de vaquillonas púberes en el final del entore.

Laster et al. (1976), condujeron un estudio en el cual entre otras características de crecimiento y pubertad se estudio peso, edad a pubertad y porcentaje de preñez a una fecha determinada, para el cual se utilizaron 965 vaquillonas del resultado de cruzas entre madres Hereford y Angus con padres Hereford, Angus, Jersey, South Devon,

Limousin, Charolais y Simmental. Dando como resultados mas destacables que las cruzas Charolais fueron las mas pesadas a la pubertad, seguidas de Limousin y Simmental, luego South Devon, Hereford-Angus, siendo las cruzas Jersey las mas livianas a la pubertad. El peso y la edad a la pubertad fueron afectados significativamente tanto por la raza de los padres como por la raza de las madres. Años mas tarde, Laster et al. (1979), condujeron un experimento similar para el cual se utilizaron 665 vaquillonas hijas de madres Angus (355) y Hereford (310), y padres Hereford-Angus, Red Poll, Brown Swiss, Gelbvieh, Maine Anjou y Chianina, obteniendo resultados muy similares. Los resultados más importantes de este trabajo se resumen en el cuadro 6.

Cuadro 6 – Peso, edad a pubertad y porcentaje de preñez para los distintos biotipos.

<b>RAZA PATERNA</b>	<b>No.</b>	<b>Edad (días) A Pubertad</b>	<b>Peso (Kg.)</b>	<b>Preñez (%)</b>
Hereford-Angus	89	374 ± 5	284 ± 4	86,6 ± 4,0
Red Poll	95	354 ± 5	265 ± 3	84,2 ± 3,6
Brown Suiss	126	349 ± 4	281 ± 3	92,4 ± 3,1
Gelbvieh	81	343 ± 5	286 ± 4	92,6 ± 3,8
Marine Anjou	89	374 ± 5	307 ± 4	93,6 ± 3,8
Chianina	92	401 ± 5	319 ± 4	85,0 ± 3,7
<b>RAZA MATERNA</b>				
Hereford	310	386 ± 3	289 ± 2	91,3 ± 1,7
Angus	355	351 ± 3	288 ± 2	85,5 ± 1,7

Fuente: Laster et al. (1979)

Los resultados muestran que tanto el peso como la edad a la pubertad fueron influenciados por la raza del padre y también de la madre. Esto ultimo resulta coincidente con lo reportado por Laster et al. (1976), donde las vaquillonas hijas de madres Angus fueron 26 días mas jóvenes y 9 Kg. mas livianas a la pubertad que las vaquillonas hijas de madres Hereford. Cabe destacar que el porcentaje de preñez no mostró diferencias significativas al comparar la raza de los padres, pero si mostraron

diferencias cuando se comparo la raza de la madre, donde el porcentaje de preñez fue mayor en vaquillonas hijas de vacas Hereford respecto de hijas de vacas Angus ( $P < 0,05$ ). En cambio, Laster et al. (1976), reportaron un mayor porcentaje de preñez en vaquillonas hijas de madres Angus respecto de hijas de madres Hereford ( $P < .01$ ).

Gregory et al. (1979), Cundiff et al. (1993), compilando datos de varios experimentos, encontraron valores para la edad a la pubertad en vaquillonas Nelore, Brahman, Brangus y Hereford de 412, 439, 385 y 365 días respectivamente. Siempre la mayor edad al primer celo fue asociada al mayor porcentual de sangre cebuino de la vaquillona. Similares tendencia en edad a la pubertad encontró Barcellos, citado por Barcellos (2003) al trabajar con vaquillonas Braford y Nelore. Estos datos respaldan la recomendación que realizan Kunkle y Sand (1993) acerca de que las vaquillonas deberán presentar 50% o menos de sangre Brahman u otra raza de rápido crecimiento para alcanzar preñarse en un entore de 14-15 meses de edad. Mas allá de la edad a la pubertad resulta importante la distribución con que se manifiestan los celos cuando se maneja un periodo de entore fijo. En tal sentido este ultimo autor encontró que las vaquillonas con mas de 3/8 Brahman solamente empezaron a ciclar al inicio de la estación reproductiva y en un porcentual menor que las vaquillonas con mas sangre Hereford. Por lo que las vaquillonas mas acebuadas tienen menor chance de concebir en una estación de entore. Por su parte Laster et al. (1972), encontraron diferencias significativas ( $P < .005$ ) para porcentaje de vaquillonas que alcanzaban la pubertad antes de los 15 meses de edad, tanto para la raza materna (Hereford y Angus), como para la raza paterna (Hereford, Angus, Charolais, Jersey, South Devon, Simmental, Limousin). Los grupos de vaquillonas que alcanzaron la pubertad antes de los 15 meses de edad correspondieron a las hijas de madres Angus ( $P < .005$ ). En cuanto a la raza paterna, las vaquillonas hijas de toros Jersey fueron las que manifestaron pubertad en mayor porcentaje antes de los 15 meses de edad ( $P < .01$ ).

Por otro lado Silva et al., citados por Barcellos (2003), demostraron que vaquillonas cruza indica, apareadas a los 18 meses con peso inicial de 260 Kg., presentaron 36 % de preñez y la diferencia de peso entre las que concibieron y fallaron fue de solamente 13 Kg.

Experimentos comparando vaquillonas *Bos taurus* y *Bos indicus*, muestran que estas últimas llegan a la pubertad con edad mas avanzada (Hearnshaw et al., citados por Barcellos, 2003) y mayor peso, incluso que aquellas de madurez tardía y baja producción de leche (Gregory et al. 1979, Stewart 1980, Freetly y Cundiff 1997, Morgan, Bolton, Patterson et al., citados por Frick y Borges 2003). La figura 4 muestra los resultados obtenidos por Gregory et al. (1979), trabajando con vaquillonas Brahman x Hereford (BH) comparadas con vaquillonas hijas de las cruzas recíprocas entre Angus y Hereford (AH y HA).

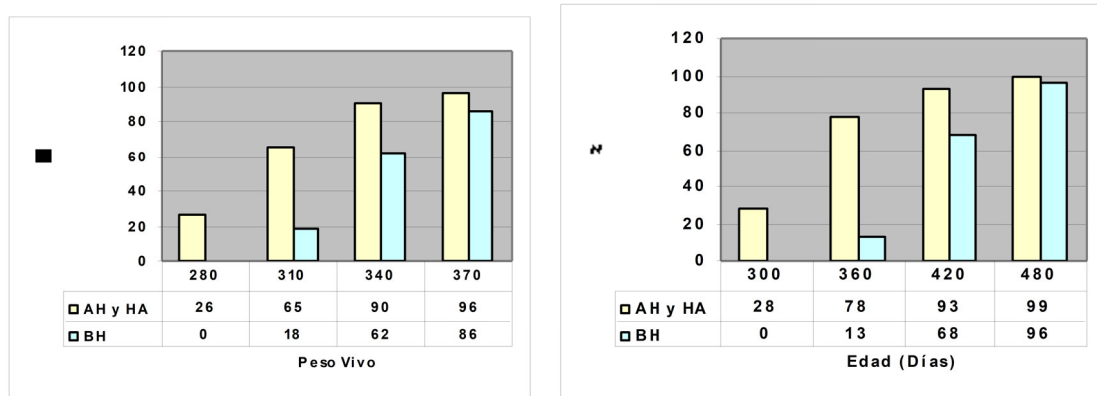


Figura 4. Porcentaje de vaquillonas, Brahman x Hereford y promedio de cruzas recíprocas Angus-Hereford, en celo a diferentes pesos (Kg.) y edades (días). Adaptado de Gregory et. al. (1979).

Encontraron que las vaquillonas BH alcanzaron la pubertad 76 días mas tarde y con 36 Kg. mas en promedio que el promedio de las cruzas recíprocas AH y HA. A la

misma conclusión, respecto del comportamiento de las razas cebuinas arribaron DeRouen y Franque, citados por Barcellos (2003) trabajando con vaquillonas de razas europeas y cebuinas.

Esto marca la tendencia acerca de que las vaquillonas Brahman puras o cruza alcanzan la pubertad a mayor edad pero lo hacen mas concentrada que las Hereford. De forma similar, O'Mary y Dyer, citados por Frick y Borges (2003), obtuvieron que para lograr 65 a 70% de vaquillonas en celo, las Hereford precisaban 295 Kg. mientras que cruza Brahman debería llegar a 330 Kg. En tanto que para obtener 85 a 90% de celos requieren 320 y 340 Kg. respectivamente.

Acerca de la posibilidad de explotar la heterosis para la característica de precocidad a la pubertad, existen posiciones contrastantes. Se ha evidenciado que animales cruza *Bos taurus* x *Bos indicus* llegan a la pubertad mas temprano que las razas puras, lo que se atribuye a la presencia de heterosis (Barcellos, 2003). Koger et al., citados por Frick y Borges (2003), encontraron una heterosis de 14% en la edad a la pubertad para las cruza Brahman – Hereford y Brahman – Aberdeen Angus, aunque en ninguno de los casos la pubertad ocurre antes que en las razas británicas parentales. Sobre estos resultados Gregory et al. (1979) concluyen que el merito genético aditivo de la raza Brahman probablemente es extremadamente bajo para la edad a la pubertad, debido a que la heterosis media para esta característica es alta para las razas *Bos indicus* en cruza con razas *Bos taurus*. En tanto, Laster et al. (1972), Laster et al. (1976) trabajando con vaquillonas *Bos taurus* (Angus-Hereford y Hereford-Angus), encontraron que las vaquillonas cruza alcanzaron la pubertad 20 días antes que vaquillonas Angus y Hereford puras. Coincidentemente Wiltbank et al. (1966) reportaron que las vaquillonas cruza entre razas británicas alcanzaban la pubertad a menor edad que las de razas puras, y que este efecto se manifestaba en forma independiente de la heterosis para ganancia de peso. Respecto de este tema, Araujo (2004), analizando resultados de varios autores



concluye que los animales de raza pura alcanzan la pubertad mas tarde que los cruzados, y las razas pequeñas lo logran antes que las grandes, de lenta maduración. El autor a la vez reconoce que esta afirmación deberá ponerse 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.

Existen antecedentes que indican que el efecto de heterosis en la edad a la pubertad depende del nivel de alimentación (Wiltbank et al. 1966, Wiltbank et al. 1969). Por ejemplo, Wiltbank et al. (1966), encontraron que las vaquillonas crucea alcanzaron la pubertad 41 días antes que las puras cuando fueron alimentadas con un plano nutritivo bajo, mientras que la diferencia fue de 35 días con las alimentadas con un plano nutritivo alto. Por otro lado Wiltbank et al. (1969), diseñaron un experimento con el objetivo de determinar si el plano nutricional tiene efectos diferenciales en edad y peso a la pubertad para raza pura o cruzamiento entre razas de carne (Hereford y Angus). Encontraron que las vaquillonas puras (HH y AA) sometidas a un alto plano nutricional alcanzaron la pubertad, en promedio, 191 días más temprano que las vaquillonas puras (HH y AA) sometidas a un plano nutricional bajo. En cambio la diferencia entre las vaquillonas crucea (AH y HA) en ambos niveles nutricionales fue de solo 43 días. Estos resultados le permiten concluir a los autores que existen efectos diferenciales del nivel nutricional sobre los biotipos para edad a la pubertad. Del mismo experimento se desprende que las vaquillonas crucea sometidas a un plano nutricional alto fueron las mas pesadas a la pubertad, mientras que las cruces sometidas a un plano nutricional bajo resultaron las mas livianas a pubertad.

Stewart et al. (1980), realizaron un ensayo en el cual se evaluaron cinco razas puras (Brahman, Hereford, Holstein, Jersey, Angus) y sus cruces recíprocas, los cuales se cruzaban con distintos manejos nutricionales. A efectos de nuestro interés nos centraremos en los resultados de las 384 vaquillonas mantenidas a pastoreo. Las

diferencias entre los biotipos fueron significativas para todas las características medidas ( $P < 0,01$ ), a saber: peso, edad, altura de anca y área pélvica a pubertad. El promedio de los efectos de heterosis fue significativo para edad a la pubertad de vaquillonas en pastoreo ( $P < 0,05$ ). Se encontraron diferencias en habilidades combinatorias para edad a la pubertad en vaquillonas en pastoreo. Las vaquillonas Brahman resultaron más adultas a la pubertad que el resto de las razas, ya sea de las mantenidas a pastoreo o confinamiento ( $P < 0,05$ ). De las vaquillonas en pastoreo, las hijas de cruzamiento, resultaron en promedio 15 días más jóvenes a la pubertad que las puras ( $P < 0,05$ ). Las diferencias en habilidad combinatoria, no fueron estadísticamente significativa para edad a la pubertad. Las vaquillonas Jersey resultaron ser las más livianas a la pubertad, en tanto que el ganado Brahman resultó el más pesado a pubertad ( $P < 0,05$ ). En este último caso hay que hacer la salvedad de que también era el grupo más adulto. Las habilidades combinatorias para peso a la pubertad no difirieron estadísticamente.

Stewart et al. (1980), encontró resultados que indican que existe una diferencia significativa en peso y altura a la pubertad, en tanto que Wiltbank et al. (1966), Wiltbank et al. (1969), Laster et al. (1976) reportaron un limitado efecto de la heterosis para tamaño a la pubertad. Esto resulta coincidente con Laster et al. (1972) al expresar que tanto la heterosis como los efectos maternos influyen la edad a la pubertad, pero no así el peso a la pubertad. Dicha diferencia puede estar explicada por los distintos niveles de alimentación manejados en cada caso. Por ejemplo Ferrel et al. (1982), sugiere que los biotipos seleccionados para producción de leche alcanzan la pubertad más jóvenes y más livianos, en relación a su peso adulto, que los biotipos de razas carniceras. El autor plantea que estas diferencias pueden estar explicadas por una mayor ganancia predestete de las terneras producto de una mayor producción de leche de sus madres. En tal sentido Laster et al. (1979), encontraron una correlación de -0,88 entre producción de leche y edad a la pubertad.

## Diferencias en adaptabilidad a distintos ambientes

Dado el origen en el que han evolucionado las razas *Bos indicus*, en zonas tropicales, el ganado cruza cebú ha demostrado tener mayores tasas de crecimiento (Kennedy y Chirchir, citados por Frick y Borges, 2003) y menores pérdidas de peso durante las sequías (Frisch, citado por Frick y Borges, 2003) que el ganado de razas británicas. La tasa de crecimiento relativa de las razas (cruzas británicas vs. cruzas Brahman) entonces, va a depender de la presencia o ausencia de stress ambiental, lo que afecta en forma diferente al consumo y la ganancia de peso (Frisch, citado por Frick y Borges, 2003) y generalmente las razas *Bos taurus* se va a ver favorecidas sobre las *Bos indicus* en áreas templadas sin stress. Por su parte Barcellos (2003), trabajando con vaquillonas cruza cebuinas, asegura que es posible que los efectos de la heterosis y la combinación genética aditiva presenten mayor intensidad en bajos niveles nutricionales. Bajo estas condiciones las cruza llegaron a la pubertad más temprano simplemente debido a una mejor adaptación a los escasos recursos alimenticios que las razas puras. No obstante resulta difícil interpretar los resultados, ya que hay una confusión entre los efectos genéticos y ambientales. Por su parte, Wiltbank et al. (1969), encontraron que las vaquillonas hijas de cruza recíprocas entre Angus y Hereford, no difirieron en peso y edad a la pubertad, aunque las Angus x Hereford presentaron más rápido crecimiento.

Según Frisch y Vercoe, Frisch, citados por Frick y Borges (2003), estas diferencias en crecimiento entre las razas bajo condiciones muy variables de disponibilidad de alimento, reflejan diferencias en el consumo voluntario o en la eficiencia de utilización de los alimentos y se deben a las diferencias en los caracteres adaptativos que existen entre las razas.

Han sido publicadas amplias evidencias mostrando que la especie *Bos indicus* es mas tolerante a las altas temperaturas atmosféricas que *Bos taurus* (Mc Dowell, Vercoe, Frisch y Vercoe, citados por Frick y Borges, 2003). Los motivos de la adaptación de las razas indicas a climas calidos radican en que mas folículos pilosos primarios, sudor mas desarrollado y mas glándulas sebáceas que los *Bos taurus* y pueden perder mayor humedad por evaporación. Se atribuyen además otros atributos como el color del pelo, pigmentación y resistencia a ectoparásitos y a las enfermedades que estos transmiten (Bonsma, Callace Gallo, Parraud, citados por Frick y Borges, 2003).

Según Mc Dowell, citado por Frick y Borges (2003) cuando la temperatura supera los 27 y 35° C en ganado de razas británicas e indicas respectivamente, los mecanismos de regulación térmica comienzan a fallar, observándose incrementos abruptos de la temperatura rectal, ingestión aumentada de agua, declinación en el consumo de alimentos y en el peso corporal. Uno de los motivos de la mayor tolerancia al calor de los animales de razas indicas es la menor producción de calor por unidad de peso, que ha sido reportada como un 20% menor que en animales de razas europeas de igual peso y edad (Brody, citado por Gil et al., citados por Frick y Borges, 2003).

### **Eficiencia de utilización del alimento y consumo**

Frisch y Vercoe, citados por Frick y Borges (2003), encontraron que a un mismo peso vivo el consumo de los novillos Hereford x Shorthorn fue entre un 5 y un 7% mayor que los Brahman en las dietas de alta (15% PC) y baja (7,5% PC) calidad, respectivamente. Los datos de Hunter y Siebert, citados por Frick y Borges (2003) muestran que no existieron diferencias en el consumo de novillos Hereford x Brahman en dietas de baja calidad, pero a medida que aumentaba la calidad de la dieta, la diferencia en consumo a favor de Hereford se incrementaba. Sin embargo, Ledger et al.,

citados por Frick y Borges (2003) indican que el ranking de consumo voluntario en las razas *Bos taurus* y *Bos indicus* no se ve modificado por la naturaleza de la dieta. Frisch y Vercoe, citados por Frick y Borges (2003), concluyeron en un trabajo que novillos Brahman tuvieron una mayor eficiencia en la utilización de alimentos por encima de mantenimiento, menores requerimientos de mantenimiento, o una combinación de ambos factores, respecto de novillos Hereford x Shorthorn. La mayor eficiencia del alimento por encima de mantenimiento, pudo ser debido a una mayor cantidad de energía metabolizable disponible, o a una utilización más eficiente de esta a una misma ingesta. Estos mismos autores mostraron que los novillos Hereford x Shorthorn tienen requerimientos de mantenimiento aproximadamente un 20% superiores que los de los Brahman (Frisch y Vercoe, citados por Frick y Borges, 2003). En el mismo sentido, Moore et al., citados por Frick y Borges (2003), encontraron una interacción importante entre la raza y la dieta, al observar que los novillos *Bos indicus* fueron más eficientes que los Hereford cuando consumían forrajes de baja calidad, pero esto se revirtió con forrajes de mayor contenido energético. O'Kelly, citado por Frick y Borges (2003) aportó evidencia de que las diferencias en la fisiología digestiva ruminal entre el ganado Brahman y Hereford contribuyen a que existan diferencias cuantitativas en los productos de la digestión a ser absorbidos, por ejemplo, diferencias en el ambiente ruminal. Por su parte Freetly y Cundiff (1997), trabajando con 1275 vaquillonas hijas de padres de 7 razas distintas (indicas, continentales y británicas) y manejando dos niveles de oferta de energía, no encontraron interacción entre la raza del padre y el nivel energético de la dieta en términos de ganancia de peso por unidad de energía consumida (Mcal EM). Sí encontraron diferencias en ganancia diaria y eficiencia de uso de la energía al comparar dos niveles nutricionales (alto y bajo), a favor del nivel alto.

Muchos experimentos han mostrado que la variación en el consumo, afecta la edad a la cual las vaquillonas alcanzan la pubertad (Wiltbank et al. 1966, Wiltbank et al. 1969, Eckles, Juobert, Hansson, Crichton, Aitken y Boyne, Reid, Bellows et al., Buskirk

et al., citados por Luna-Pinto y Cronje, 2000). Según Frisch y Vercoe, Ledger et al. citados por Frick y Borges (2003) el consumo voluntario de las cruas cebú con razas europeas se encuentra entre los consumos de ambas razas paternas, y probablemente se acerque más a la raza británica que a la india. Por eso los autores opinan que si se cruza ganado Brahman con una raza europea de alto consumo voluntario, es esperable que el consumo aumente.

### **Estructura corporal**

La relación obvia entre crecimiento y pubertad, llevo a postular que la hormona de crecimiento (GH) esta involucrada en la aparición de la pubertad; si bien toda la evidencia indica que ese no es el rol principal (Adam y Robinson 1994, Yelich et al. 1996).

La lenta maduración del hipotálamo y la hipófisis para desencadenar el primer estro es acompañada también por una lenta maduración del cuerpo, lo que no es únicamente dependiente del tamaño, sino también de la proporción relativa de huesos, músculos y grasa (Frisch, citado por Barcellos, 2003).

### **Frame**

Barcellos (2003), define el *frame* como: estructura corporal, la que se obtiene a partir de la medición de la altura de la grupa (anca) en una edad particular y esta correlacionada con la tasa de crecimiento del animal. Este parámetro es considerado por Baker et al., citados por Barcellos (2003) como la forma más conveniente de describir el tamaño esquelético en bovinos de carne. Animales de estructura corporal más grande, más alta, de mayor tamaño adulto, pueden tener impactos negativos en el desempeño

reproductivo, como retraso de la edad a la pubertad y menor eficiencia reproductiva, particularmente cuando los recursos alimenticios son escasos (Fitzhugh, citado por Barcellos, 2003).

La correlación genética encontrada por Vargas et al., citados por Barcellos (2003), entre edad a la pubertad y altura a la grupa fue de 0,65, por lo que vaquillonas mas altas a los 18 meses fueron mas tardías a la pubertad. En otro trabajo Vargas et al., citados por Barcellos (2003), encontraron que vaquillonas de estructura mas grande fueron 46 días mas tardías a la pubertad que vaquillonas de pequeña estructura. Según Denise y Brinks, citados por Barcellos (2003), los animales de mayor estatura normalmente presentan un prolongamiento del período de inflexión de la curva de crecimiento, retardando la madurez y el inicio de deposición de grasa corporal, lo que puede resultar en una mayor edad a la pubertad.

En base a esto, podemos concluir que vaquillonas de mayor estructura requieren de mayores tasas de ganancia diaria para alcanzar el peso óptimo a la pubertad, que vaquillonas de menor estructura. Por lo que en ambiente de escasa disponibilidad de nutrientes, se hace importante manejar biotipos de menor estructura, con menores requerimientos de mantenimiento.

### **Altura de la cadera**

Stewart et al. (1980), trabajando con varios biotipos de vaquillonas, en pastoreo y confinadas, y midiendo una serie de características encontró en la altura a la cadera la variación mas consistente. Las vaquillonas Angus, Jersey y Hereford presentaron alturas similares y resultaron las mas chicas ( $P < 0,05$ ). En tanto las vaquillonas Brahman, resultaron las más altas de todos los biotipos manejados. Las cruza presentaron a la

pubertad mayores alturas de la cadera que las razas puras, difiriendo significativamente tanto para las vaquillonas en confinamiento como las mantenidas en pastoreo, como lo muestra el cuadro No. 7.



Cuadro 7 – Altura a la cadera en Pubertad de varios biotipos y sus cruzas bajo dos sistemas de manejo (pastoreo y confinamiento)

BIOTIPO	ALTURA A LA CADERA (cm.)	
	Pastoreo	Confinamiento
Angus (A)	106 ± 1	101 ± 2
Brahman (B)	126 ± 1	118 ± 3
Hereford (He)	109 ± 1	102 ± 2
Holstein (Ho)	117 ± 1	116 ± 2
Jersey (J)	106 ± 2	101 ± 3
AB	116 ± 1	113 ± 3
AHe	110 ± 1	105 ± 3
Aho	114 ± 1	107 ± 3
AJ	110 ± 1	106 ± 3
BHe	119 ± 1	114 ± 3
BHo	124 ± 1	123 ± 2
BJ	118 ± 1	123 ± 2
HeHo	113 ± 1	112 ± 3
HeJ	108 ± 1	106 ± 3
HoJ	113 ± 1	110 ± 3

Fuente: adaptado de Stewart et al. (1980)

Yelich et al. (1996) manejando dos tasas de ganancia en vaquillonas prepúberes encontraron que altura a la cadera resulto mayor ( $P < 0,05$ ) en vaquillonas sometidas a bajas ganancias primero y altas ganancias después (BAGan) respecto de altas ganancias durante todo el periodo (AGan). En cuanto a área pélvica, se registro una tendencia a ser mayor ( $P < 0,10$ ) a favor de las vaquillonas del tratamiento BAGan.

### Relación peso/altura

Barcellos (2003), propone que esta relación puede considerarse como un mejor indicador de la estructura corporal del animal que su peso vivo, una vez que reúne los datos de peso vivo, que dependen de la composición corporal y junto con el frame

expresan una calificación de tamaño. Fox et al., citados por Barcellos (2003), encontraron que a los 426 días la vaquillona debería presentar una relación de 2,53 Kg/cm., independientemente del tamaño del animal. En tanto, Barcellos, citado por Barcellos (2003), trabajando con vaquillonas Braford a la pubertad encontró una relación de 2,60 Kg/cm. a los 388 días, encontrándose que por cada 0,1 unidad de aumento en la relación peso/altura a los 11 meses de edad, hubo una reducción de 4,2 días en la edad a la pubertad. Este estudio revelo además que vaquillonas 3/4N-1/4H (3/4B), necesitan de un mejor balance entre el peso vivo y la altura.

### **Proporción de grasa y relación entre tejidos**

Según Barcellos (2003), en la especie bovina, las diferencias en la composición corporal entre razas de madurez precoz y tardía, en un peso semejante, lleva a la posibilidad de la existencia del efecto de una proporción de grasa o proteína en la determinación de la pubertad.

La hembra joven no puede ovular por primera vez hasta acumular una cantidad crítica de grasa en relación a su masa corporal como un principio de supervivencia y preservación de las especies representadas por los requerimientos nutricionales de la gestación y lactación (Frisch y McArthur, Snow et al., Frisch, citados por Luna-Pinto y Cronje, 2000). Arije et al. (1971), Yelich et al. (1995), Day et al., citados por Yelich et al. (1995), creen que el hecho de lograr acumular una cantidad crítica de grasa corporal, no sería el único factor necesario para iniciar la pubertad en vaquillonas de carne. Esto sugiere que hay una interacción entre el tejido adiposo y el eje Hipotálamo-hipófisis-gónadas.

Según Staples et al., citados por Barcellos (2003), la grasa puede influenciar la reproducción a través de la mejora del estado energético, esteroidogénesis, modulación de la insulina, y modulación de la producción y liberación de las prostaglandinas.

Barcellos (2003), analiza posiciones contrastantes sobre la relación entre el espesor de grasa a la altura de la 13<sup>a</sup> costilla y el porcentaje de vaquillonas púberes previo al entore. En tal sentido cita a Buskirk et al. (1996), los cuales encontraron que alrededor de 32% de las vaquillonas que presentaban 2,9mm de grasa estaban ciclando en el inicio del entore, mientras que el 93% de las vaquillonas con un espesor de 5,8mm estaban ciclando. Un ensayo conducido por Barcellos, citado por Barcellos (2003), demostró una alta correlación entre el espesor de grasa de cobertura y la edad a la pubertad de vaquillonas de carne. En la medida que las vaquillonas se tornaron más gordas, la edad al primer celo se redujo. Además el autor concluye que posiblemente en genotipos acebuinados el estado nutricional y una reserva energética mínima son desencadenantes de la pubertad de la vaquillona.

Por otro lado, Simpson et al., citados por Barcellos (2003), midieron la composición corporal de vaquillonas Hereford, Senepol y cruza, en el momento de la primera concepción, en el cual el peso vivo explicó el 55% de la variación de la edad a la pubertad, y la inclusión de la composición corporal mejoró el coeficiente de determinación en solamente 2 puntos porcentuales. En base a estos antecedentes y a estudios conducidos por el, Barcellos (2003), concluye que los efectos del espesor de grasa sobre la edad a la pubertad son menores en la medida que la vaquillona se torna más gorda, lo que sugiere que a partir de un nivel mínimo de grasa, otros factores pasan a actuar en la modulación del apareamiento de la pubertad.

### **2.3.2 Factores secundarios**

### 2.3.2.1 Fotoperíodo

En animales que están en latitudes de zonas templadas y su crianza es estacional, señales nutricionales y del fotoperíodo operan en conjunto para determinar la activación del generador de pulsos de GnRH a nivel del cerebro y alcanzar la pubertad (Adam y Robinson, 1994). En su mayoría, las especies de mamíferos muestran un patrón reproductivo estacional, de tal manera que la concepción se restringe a una parte del año (Foster et al., 1985), la excepción son los seres humanos, ya que tienen cierto control sobre su medio ambiente. Esto puede representar una restricción adicional para alcanzar la pubertad, ya que no solo deben lograr la suficiente madurez sexual, sino que también deben esperar la estación del año óptima para que sus crías nazcan en la estación del año mas adecuada para su supervivencia (Foster et al., 1985).

La glándula pineal esta involucrada en esta función. Lo que hace es simplemente traducir las señales fotoperiodicas en señales hormonales que pueden ser usadas para determinar el largo del día (Foster et al., 1985). El incremento nocturno en la liberación de melatonina por parte de la glándula pineal sirve para codificar el largo del día (Foster et al., Reiter, citados por Adam y Robinson, 1994). La melatonina circulante producto de las liberaciones nocturnas de dicha glándula, es utilizada como información por otro tejido objetivo, el cual aun no ha sido identificado (Foster et al., 1985). De hecho, los esfuerzos de la investigación están hoy avocados a identificar los receptores de melatonina y su modo de acción (Adam y Robinson 1994, Foster et al. 1985). Esa información es acumulada generando una especie de historia o memoria fotoperiodica. Nowak y Rodway, citados por Adam y Robinson (1994), insertaron implantes de melatonina imitando el efecto de día corto a corderas de 19 meses de edad, con lo cual lograron adelantar la pubertad de 2 a 5 semanas. Pero no hubo respuesta al mismo

tratamiento cuando la edad de las corderas era de 5 a 7 semanas. Estos resultados permiten demostrar la interdependencia de la edad y el fotoperíodo.

En estaciones de cría la acumulación de señales de melatonina controla la entrada en pubertad, tanto para animales que responden a día corto, como aquellos que responden a día largo (Adam y Robinson, 1994).

Si bien no se conoce aun el modo en que se activa el generador de pulsos de GnRH, se han identificado receptores de melatonina en la pars-tuberalis de la hipófisis de los ovinos, tanto adultos como en la vida fetal (Helliwel y Williams, Morgan y Williams, citados por Adam y Robinsosn, 1994).

#### **2.3.2.2 Inducción de la ovulación mediante tratamientos químicos u hormonales**

Al parecer la administración de LH o algún precursor que desencadene la secreción de LH, a intervalos de una o dos horas inducirá un pico preovulatorio de LH y la consiguiente ovulación en la mayoría de las corderas y vaquillonas que sean tratadas de esa manera (Kinder et al., 1987). Es probable que el generador de pulsos del hipotálamo que regula la secreción pulsátil de gonadotrofinas este suprimido en corderas y vaquillonas prepúberes (Kinder et al., 1987). Muy pocos de los animales prepúberes tratados con hormonas exógenas logran una fase luteal normal o continúan presentando ciclos estrales luego del tratamiento (Kinder et al., 1987).

El uso de implantes de progestágenos con el fin de inducir la pubertad en vaquillonas prepúberes ha sido extensamente estudiado (Gonzalez Padilla et al. 1975, Short et al., Rajamahendran et al., Sheffield y Ellicott, citados por Kinder et al. 1987, Hall et al. 1997). La remoción del implante de progestágeno puede inducir la pubertad

en un alto porcentaje de vaquillonas, pero la fertilidad de ese primer estro se incrementa con la edad de la vaquillona (Short et al., citados por Kinder et al., 1987) y el estado nutricional de las mismas (Patterson et al., 1992). Un claro ejemplo es el ensayo realizado por Hall et al. (1997), trabajando con 65 vaquillonas, siendo la mitad de ellas hijas de un toro Charolais y la otra mitad hija de toro Hereford, las cuales fueron sorteadas aleatoriamente a tratamientos de alta ganancia y a otro de alta y luego baja ganancia. A su vez de cada tratamiento nutricional se eligieron 10 – 12 vaquillonas al azar para incorporarles un dispositivo de liberación de progesterona, conteniendo 6 mg de Norgestomet y el resto se mantuvo como control. Los autores encontraron que Norgestomet logro inducir la pubertad solo en las vaquillonas de mayor edad, y el patrón de ganancias no modificó la capacidad de este progestágeno en inducir la pubertad. En primer lugar no hubo diferencias en la respuesta de los implantes de progesterona según las ganancias, en términos de aparición de vaquillonas en pubertad en los 5 días posteriores al retiro de los implantes. Pero si encontraron diferencias según la edad de las vaquillonas, es así que solo se registraron diferencias significativas ( $P < .05$ ) entre las tratadas y las control a los 12,5 meses de edad, no ocurriendo lo mismo para los 9,5 y 11 meses de edad. No obstante el numero total de vaquillonas ciclando se incrementaba a medida que las vaquillonas se hacían mas adultas ( $P < .05$ ), y sobre todo para el grupo que había registrado un rápido crecimiento desde el principio ( $P < .03$ ). Gonzalez Padilla et al. (1975), Short et al. (1976), Tanaka et al., citados por Hall et al. (1997), coinciden al afirmar que la efectividad de los progestágenos o progestágenos y estrógenos combinados en inducir la pubertad en vaquillonas menores a los 12 meses de vida es variable. Este mismo ensayo mediante sangrados realizo perfiles de LH en las vaquillonas a las 24 y 72 horas posteriores al retiro de los implantes. 24 horas posteriores al retiro de los implantes, la concentración media de LH, al igual que la frecuencia de pulsos de LH se incremento en las vaquillonas tratadas con Norgestomet, comparadas con las vaquillonas control. Las vaquillonas de 11 y 12,5 meses de edad, mostraron patrones de LH comparables al de pubertades espontáneas. Sin embargo en las vaquillonas de 9.5 meses de edad la concentración media de LH y la frecuencia de

pulsos lograda mediante Norgestomet fue menor que en vaquillonas de 11 y 12,5 meses de edad, sugiriendo que el eje hipotálamo-hipófisis es incapaz de responder completamente al Norgestomet. Sobre este ultimo punto Anderson et al., citados por Gonzalez Padilla et al. (1975) proponen que el incremento en la liberación de LH tras la inducción mediante un progestágeno, se debe a la reducción de los receptores hipotalámicos para estradiol. Encontraron que los patrones de ganancia no afectaron la frecuencia de pulsos de LH. En cuanto a la amplitud de los pulsos de LH, esta no fue alterada por: patrones de ganancia, Norgestomet o la edad. El mecanismo preciso mediante el cual los progestágenos actúan sobre el eje reproductivo para inducir la pubertad no se ha identificado aun, pero debe de estar involucrado en la maduración final del generador de pulsos de GnRH, alterar la sensibilidad del feedback negativo del estradiol, o estimular el desarrollo de los ovarios (Hall et al., 1997).

### **2.3.2.3 Bioestimulación**

No solo resulta importante que las vaquillonas entren en pubertad y se preñen durante el entore, sino que además es mejor si lo hacen al principio. Esta comprobado que las vaquillonas que conciben temprano son mas productivas por el resto de su vida (Rodríguez Blanquet, 2002). Byerley et al., citados por Rodríguez Blanquet (2002), demostraron que las vaquillonas servidas en el primer celo puberal tenían menor fertilidad que aquellas servidas en su tercer celo (78% vs. 57%). Kunkle y Sand (1993), proponen la bioestimulación como estrategia de manejo con el objetivo de lograr que una mayor proporción de vaquillonas alcancen la pubertad.

Consiste en exponerlas a machos estériles previo a la estación de apareamientos. Los mismos autores citan un trabajo llevado a cabo en Nebraska en el cual, mediante

esta técnica, se logro adelantar en 40 días la pubertad de las vaquillonas y además se preñaron el 50% de ellas en los primeros 21 días respecto de 16,5% para las no tratadas.

Cuadro No. 8 – Respuesta de la bioestimulación sobre la edad en la que vaquillonas alcanzan la pubertad. Resumen de varios autores.

<b>Duración y Tipo de Exposición</b>	<b>Respuesta a la Bioestimulación</b>	<b>Magnitud de la Respuesta (% de vaq. Preñadas)</b>	<b>Autor/es</b>
2 meses, administración oronasal de orina de toro	<b>POSITIVA</b>	<b>67% vs. 32% (p&lt;0,05)</b>	Izard y Vandenberg (1982)
21 días con toros	<b>NO HUBO RESPUESTA</b>		Berardinelli et al. (1978), MacMillan et al. (1979)
Exposiciones mas largas con toros	<b>NO HUBO RESPUESTA</b>		Roberson et al. (1987), Wehrman et al. (1996)
42 días previos al servicio con toros	<b>NO HUBO RESPUESTA</b>	<b>75 ± 5 vs. 79 ± 5 (p = 0,51)</b>	Makarechian et al. (1985)
De 66 a 88 días con toro	<b>POSITIVA</b>	<b>60,3% vs. 29,8% (p&lt;0,05)</b>	Roberson et al. (1991)

Fuente: Rodríguez Blanquet (2002)

Tras los resultados que figuran en el Cuadro 8, Izard y Vandenberg, citados por Rodríguez Blanquet (2002), hipotetizaron que la orina de toro contenía feromonas que eran las responsables de los resultados obtenidos. Rekwot et al. (2000), propone que las feromonas son sustancias químicas liberadas a través de la orina, las heces o secretadas a través de glándulas de la piel y son percibidas por medio del olfato, provocando un comportamiento específico y/o respuestas endocrinas en el individuo que lo percibe. De esta manera, animales de la misma especie se transmiten información con el fin de coordinar sus actividades sexuales. No obstante, el rol de las feromonas en la



reproducción bovina no es tan claro como en otras especies (Rodríguez Blanquet, 2002). Sin embargo Rekwot et al. (2000) afirma que en mamíferos domésticos las feromonas del macho influyen en la aparición de la pubertad, la finalización del anestro estacional y el acortamiento del anestro posparto. Izard, citado por Rekwot et al. (2000), reporta estudios recientes en los cuales se encontró que feromonas provenientes de otras hembras inducían actividad ovárica en otras hembras de la misma especie.

Como se observa en el Cuadro 8, si bien los resultados resultan aleatorios, estos siempre fueron neutros o positivos en cuanto a respuesta reproductiva. Respecto a la inconsistencia de los resultados, Rodríguez Blanquet (2002), advierte que pueden existir una serie de factores que los expliquen, como: diferencias en ganancias diarias, diferencia de libido entre toros, biotipo, estación del año, duración del periodo de exposición y otros factores.

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL EXPERIMENTO**

El trabajo se llevo a cabo en la Estación Experimental Bernardo Rosengurt (EEBR) perteneciente a la Facultad de Agronomía (UDELAR). La misma se encuentra ubicada sobre el Km. 408 de la ruta 26, en la 6ª. Seccional Policial del Departamento de Cerro Largo – Uruguay. Se encuentra a 32°35' latitud S y 54°15' longitud W, y a una altitud de 94 metros sobre el nivel del mar.

El trabajo se realizó durante dos años consecutivos, por lo que se denomina experimento 1 y experimento 2 a los experimentos realizados en el año 1, y a su repetición realizada en el año 2, respectivamente. El experimento 1 comenzó en junio de 2004 finalizando en mayo de 2005, mientras que el experimento 2 se llevó a cabo desde junio de 2005 a mayo de 2006.

#### **3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL Y MÉTODOS**

##### **3.2.1 Animales**

Se utilizaron terneras nacidas en la primavera previa al inicio de cada experimento con la siguiente composición genética: Aberdeen Angus (AA), Hereford (HH), F1 Aberdeen Angus x Hereford (AH), F1 Hereford x Aberdeen Angus (HA) y Braford (3/8 Cebú, 5/8 Hereford) (Br). En cada experimento se utilizaron 47 animales en total, como lo muestra el cuadro 9, los cuales al momento del inicio de cada experimento presentaron similar peso y edad.

Cuadro 9 - Número de animales por biotipo en cada experimento

	Experimento 1	Experimento 2
<b>AA</b>	11	11
<b>AH</b>	6	6
<b>HA</b>	6	6
<b>HH</b>	12	12
<b>Br</b>	12	12
<b>TOTAL (94)</b>	<b>47</b>	<b>47</b>

### 3.2.2 Pasturas

Las terneras siempre pastorearon sobre campo nativo. Si bien ambos experimentos se manejaron en potreros distintos, todos los suelos de la Estación Experimental se han desarrollados sobre sedimentos de la Formación Yaguarí. Es importante destacar que existían diferencias entre ambos potreros en cuanto a su composición botánica y nivel de degradación, como lo muestra el cuadro 10.

Cuadro 10 - Descripción general de las pasturas utilizadas para cada experimento

	Descripción general de la pastura
<b>Experimento 1</b> junio/04 – mayo/05	<i>Stipa charruana</i> dominante, que sumado a abundante restos secos de gramilla aumentan el disponible y el % de Materia Seca (MS) de los cortes. Muy escasa presencia de especies invernales y estivales de buen valor forrajero.
<b>Experimento 2</b> junio/05 – mayo/06	Abundante <i>Stipa charruana</i> que aumentan el disponible y el % de MS de los cortes en por lo menos 1/3 de la superficie total. Presencia de gramilla ( <i>Cynodon dactylon</i> ). Alta contribución de especies invernales y estivales de alto valor pastoril. Presencia de <i>Lolium multiflorum</i> guacho.

### 3.3 TRATAMIENTOS

Los biotipos utilizados fueron: Aberdeen Angus (AA), Hereford (HH), F1 resultante de Aberdeen Angus x Hereford (AH), Hereford x Aberdeen Angus (HA) y Braford (Br). En el cuadro 11 se resumen los pesos y edades de los animales al comienzo de cada experimento

Cuadro 11 - Peso, edad y desvío estándar de los distintos tratamientos al comienzo de cada experimento.

<b>EXPERIMENTO 1</b>				
	Peso (Kg. PV)		Edad (Días)	
	Promedio	Desvío	Promedio	Desvío
<b>AA</b>	135,3	14,6	241	18
<b>HH</b>	147,1	19,0	246	19
<b>AH</b>	144,7	13,3	248	16
<b>HA</b>	144,5	18,2	253	12
<b>Br</b>	157,8	9,2	225	28
<b>Prom. Gral.</b>	<b>146,2</b>	<b>16,6</b>	<b>240</b>	<b>23</b>

<b>EXPERIMENTO 2</b>				
	Peso (Kg. PV)		Edad (Días)	
	Promedio	Desvío	Promedio	Desvío
<b>AA</b>	170,0	21,1	258	19
<b>HH</b>	163,1	14,6	241	23
<b>AH</b>	168,6	6,6	257	22
<b>HA</b>	171,7	8,6	257	7
<b>Br</b>	182,5	10,1	255	17
<b>Prom. Gral.</b>	<b>171,5</b>	<b>15,4</b>	<b>254</b>	<b>19</b>

### 3.4 MANEJO EXPERIMENTAL

Cada experimento comenzó con terneras ya destetadas y que presentaran pesos y edades similares. Se siguieron los mismos protocolos para ambos experimentos y las terneras siempre se manejaron de forma conjunta bajo las mismas condiciones a partir del comienzo de cada experimento. Durante los 4 meses que duro el periodo invernal los

animales recibieron una suplementación con afrechillo de arroz al 1% del peso vivo aproximadamente y fueron pesados mensualmente.

En los primeros días de octubre de cada año de experimento se comenzaba con los sangrados semanales y pesadas quincenales, hasta fines de mayo del año siguiente, como se puede ver en la figura 5.

La asignación estacional de forraje fue consecuencia directa de la disponibilidad de materia seca de cada potrero utilizado y el peso vivo promedio de los animales para cada estación. En la grafica 1 y 2 se puede apreciar la asignación de forraje para los experimentos 1 y 2 respectivamente expresada como Kg. de materia seca de forraje cada 100 Kg. de peso vivo.

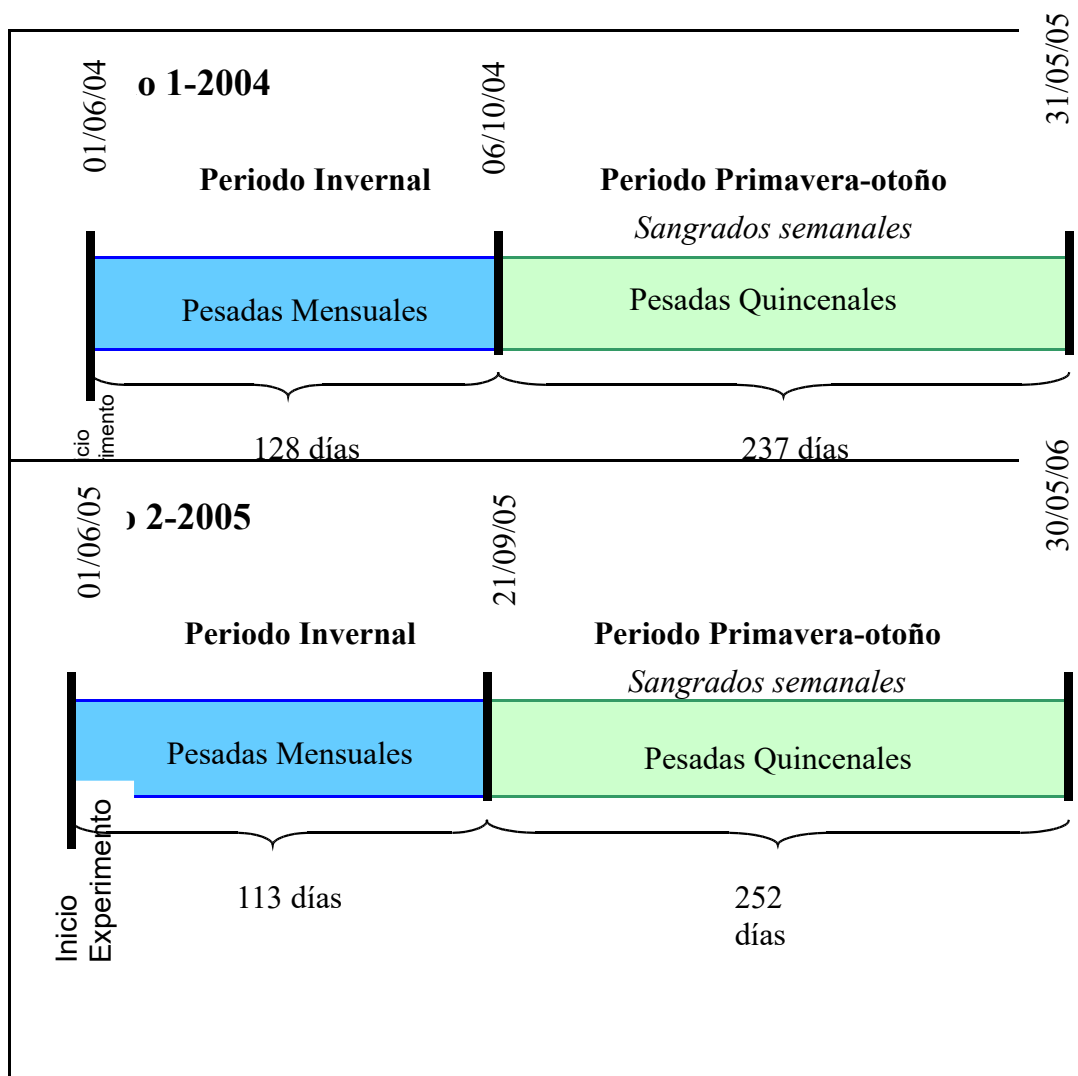


Figura 5. Resumen de las principales actividades de los experimentos.

### **3.4.1 Período invernal**

Una vez conformados los lotes, el primero de junio de cada año, los animales pasaron a pastorear juntos. Dicho periodo estuvo comprendido entre el primer día de junio de cada año y el primer día de sangrados: 128 y 113 días para el experimento 1 y el experimento 2 respectivamente. En el Gráfico 1 se puede ver la asignación de forraje estacional para el año 1, en tanto que en el Gráfico 2 se puede ver la asignación de forraje para el año 2.

Gráfico 1: Asignación estacional de forraje durante el experimento 1 (invierno 04 – otoño 05).

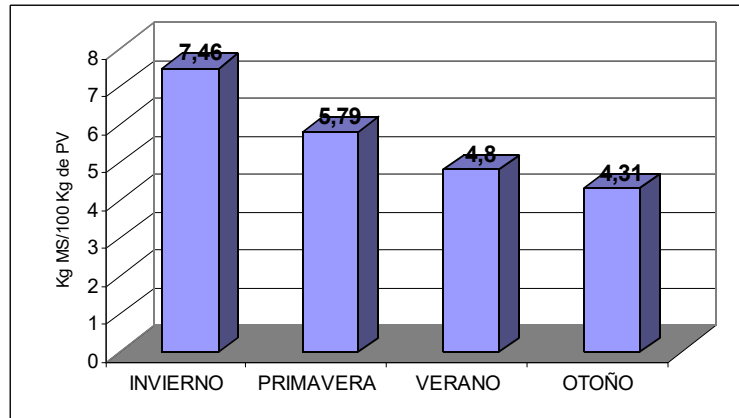
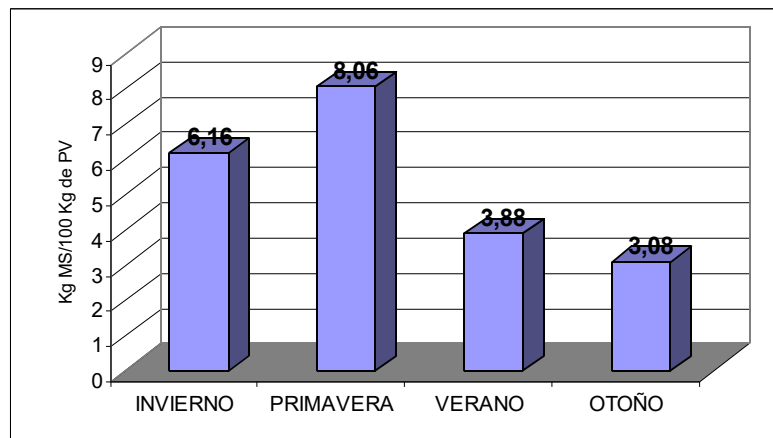


Gráfico 2: Asignación estacional de forraje durante el experimento 2 (invierno 05 – otoño 06).



Durante los meses de invierno, las terneras recibieron una suplementación de afrechillo de arroz, de aproximadamente el 1% del peso vivo. De esta manera se pretendió lograr que las terneras no registren pérdidas de peso durante el invierno. En el experimento 1 se suplementó desde el 21 de junio hasta el 21 de setiembre (92 días), mientras que en el experimento 2 se suplementó desde el 21 de junio hasta el 28 de setiembre (99 días), de 2004 y 2005 respectivamente. Los gráficos 3 y 4 muestran el porcentaje del peso vivo que se ofreció de suplemento en el experimento 1 y 2 respectivamente.

Gráfico 3: Suplemento ofrecido como porcentaje del peso vivo al 21 de junio de 2004.

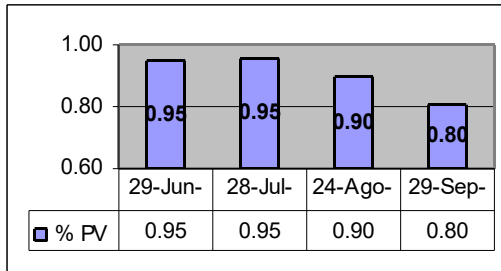
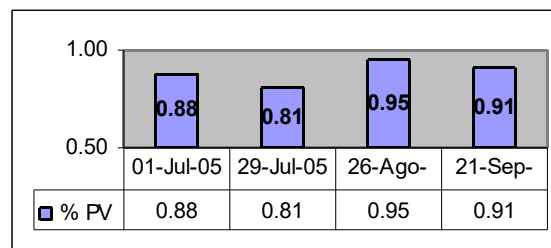


Gráfico 4: Suplemento ofrecido como porcentaje del peso vivo al 21 de junio de 2005, corregido el 23 de julio de 2005.



### 3.4.2 Período primavera - otoño

A lo largo de estos meses los animales permanecieron en los mismos potreros que habían pasado el invierno, pero se retiró la suplementación a base de afrechillo de arroz. Este periodo se extendió desde octubre a mayo en el año 1 y de setiembre a mayo en el año 2. La duración fue de 237 y 252 días para el experimento 1 y el experimento 2 respectivamente.

## 3.5 DETERMINACIONES

### 3.5.1 Sobre los animales



### **3.5.1.1 Inicio de actividad reproductiva**

Para la determinación del momento al inicio de la pubertad, se sangraron semanalmente los animales, con el objetivo de determinar Progesterona en suero sanguíneo. Las tomas de muestra se realizaban de la vena yugular y siempre se realizó a primeras horas de la mañana. Para ello se empleaban tubos heparinizados (Vacutainer).

En un periodo no mayor a las 2 horas las muestras eran centrifugadas a 2500 r.p.m. durante 15 minutos y conservadas por duplicado en tubos Ependorf a -20°C. Una vez culminados los periodos de sangrados las muestras fueron enviadas al laboratorio. La concentración de progesterona en plasma se determinó en el Laboratorio de Técnicas Nucleares de la Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay, por la técnica de radioinmunoanálisis (RIA) en fase sólida, utilizando kits de DPC (Diagnostic Product Co., Los Angeles, CA). Las muestras se corrieron en un solo ensayo. El límite de detección fue de 0,1 ng/mL y los coeficientes de variación intraensayo para controles bajos (0,8 ng/ml), medios (2,2 ng/mL) y altos (8 ng/mL) fueron 8,4%, 5,8% y 10 % respectivamente.

El criterio empleado para determinar el inicio de la actividad reproductiva fue la presencia de dos muestras consecutivas de concentraciones de Progesterona por encima de 1 ng/ml, y que luego presentaran 2 ciclos estrales normales.

### **3.5.1.2 Peso vivo**

Desde el inicio de cada experimento hasta el comienzo de los sangrados, los animales se pesaron cada 28 días. Una vez comenzados los sangrados semanales y hasta la última ecografía, se pesaron cada 14 días sin ayuno previo.

### **3.5.2 Sobre las pasturas**

#### **3.5.2.1 Disponibilidad de Materia Seca**

Para ambos experimentos se realizaron muestreos para determinar disponibilidad cada 28 días aproximadamente. En todos los casos se utilizó la técnica de doble muestreo, por entenderse la más conveniente para estimar disponibilidad en pasturas naturales.

#### **3.5.2.2 Proporción de suelo desnudo, verde, seco y altura**

A la vez que se llevaba a cabo el muestreo de disponibilidad, en cada bajada de cuadro, se estimaba en forma visual el porcentaje de: suelo desnudo, material verde y seco, además de medir altura con regla en un punto determinado del cuadro.

#### **3.5.2.3 Calidad**

En el experimento 2 se realizaron además 4 colectas de pastura, una por estación, con la finalidad de enviar a laboratorio y conocer su composición química. Las colectas se realizaron mediante la técnica de hand clipping, se congelaron y se secaron a 60°C por 48 horas, previo a su envío al Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estancuela. Las determinaciones solicitadas al laboratorio fueron: FDN, FDA, PC, C y Digestibilidad de la Materia Orgánica (DMO).

## **3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

De acuerdo a las variables analizadas y sus distribuciones el análisis estadístico se realizó a través de regresiones ajustadas para cada animal. Para estudiar el efecto de los biotipos, se ajustó un modelo lineal mixto de medidas repetidas en el tiempo para probar heterogeneidad de pendientes (diferencias de peso entre biotipos). Se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \beta_0 + \tau_i + \varepsilon_{ij} + \beta_1 \times \text{Días}_k + (\beta_{1i} - \beta_1) \times \tau_i \times \text{Días}_k + \beta_3 \times \text{PV}_{inij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- $Y_{ijk}$ : es el peso vivo.
- $\beta_0$ : intercepto.
- $\tau_i$ : efecto del i-ésimo biotipo.
- $\varepsilon_{ij}$ : error experimental entre animales.
- $\beta_1$ : coeficiente de regresión del peso vivo en función de días.
- $(\beta_{1i} - \beta_1)$ : coeficiente de regresión para el i-ésimo biotipo.
- $\beta_3$ : coeficiente de regresión de la covariable peso vivo inicial.
- $\text{PV}_{inij}$ : peso vivo inicial en el i-ésimo biotipo y j-ésimo animal.
- $\varepsilon_{ijk}$ : error experimental dentro de animal.

Para estudiar el efecto de los biotipos sobre variables discretas como presencia de pubertad, se usaron modelos lineales generalizados. En el caso de pubertad se asumió que el número de eventos en relación al número de medidas tuvo distribución Binomial.

El ajuste de este modelo se efectuó usando el procedimiento GENMOD del SAS. Para el caso de las variables continuas como peso vivo, edad a la pubertad y ganancia de peso se ajustaron modelos lineales generales, utilizando el procedimiento GLM del SAS versión 9.03 (2005).

La forma general del modelo estadístico usado para las variables discretas, fue la siguiente:

$$g(\mu) = \mu + \tau_i + \varepsilon_i$$

Donde la función g depende de la distribución de la variable estudiada.

#### **4. RESULTADOS**

## **4.1 RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE LAS PASTURAS**

Desde el primer hasta el último día de cada experimento, los animales pastorearon en el mismo potrero y todos los tratamientos se manejaron de forma conjunta. Si bien en ambos experimentos la base forrajera fue campo natural de la Formación Yaguarí, los potreros presentaban algunas diferencias en cuanto al nivel de degradación de la pastura.

### **4.1.1 Precipitaciones (PPI) y disponibilidad de materia seca**

#### **EXPERIMENTO 1 – Potrero 3**

Descripción del potrero: *Stipa charruana* dominante, que sumado a abundante restos secos de gramilla aumentan el disponible y el % de Materia Seca (MS) de los cortes. Muy escasa presencia de especies invernales y estivales de buen valor forrajero.

Como se puede ver en las figuras 6 y 7 en ambos años de evaluación, existe una correspondencia entre las precipitaciones (mm) y los resultados de disponibilidad (KgMS/ha) que se dan a posteriori en la pastura.

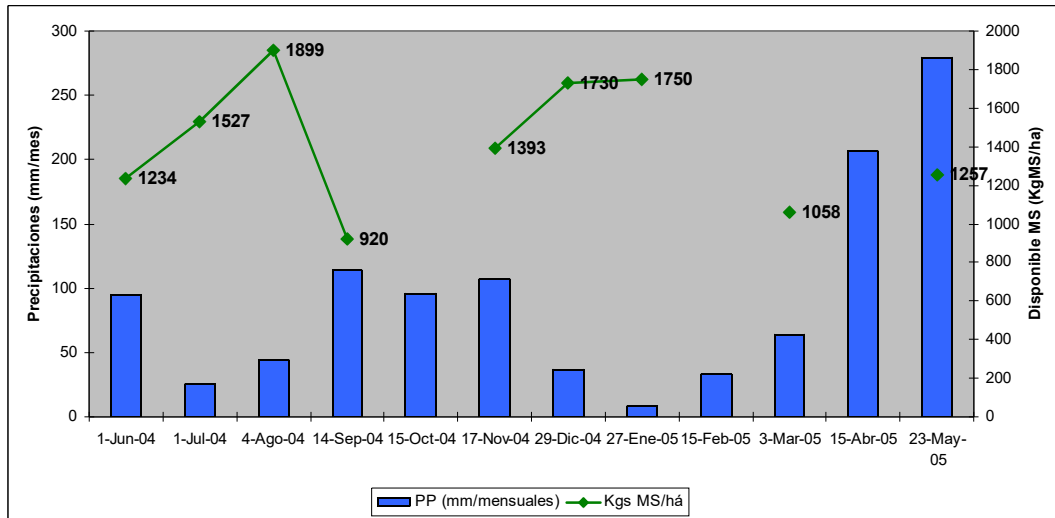


Figura 6. Disponibilidad (KgMS/ha/mes) vs. Precipitaciones mensuales (jun/04 – may/05).

#### EXPERIMENTO 2 – Potrero 2-E1

Descripción del potrero: Abundante *Stipa charruana* que aumentan el disponible y el % de MS de los cortes en por lo menos 1/3 de la superficie total. Presencia de gramilla (*Cynodon dactylon*). Alta contribución de especies invernales y estivales de alto valor pastoril. Presencia de *Lolium multiflorum* guacho.

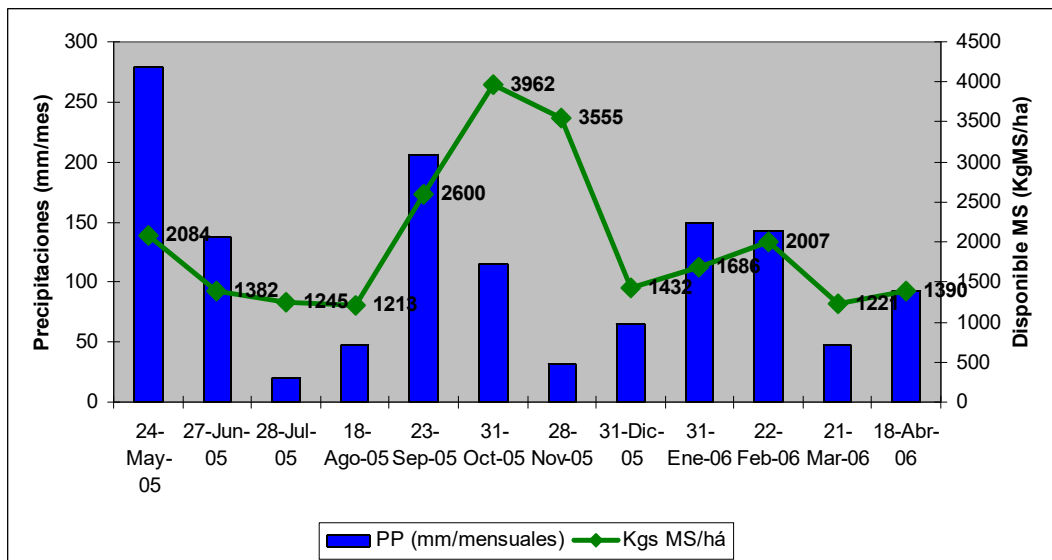


Figura 7. Disponibilidad (KgMS/há/mes) vs. Precipitaciones mensuales (jun/05 – abr/06).

#### 4.1.2 Porcentaje de restos secos, material verde y suelo desnudo

Existe también una correspondencia entre las precipitaciones (mm) y los porcentajes de material verde y material seco obtenidos a partir de los muestreos, como se puede ver en las figuras 4.3 y 4.4.

#### EXPERIMENTO 1 – Potrero 3

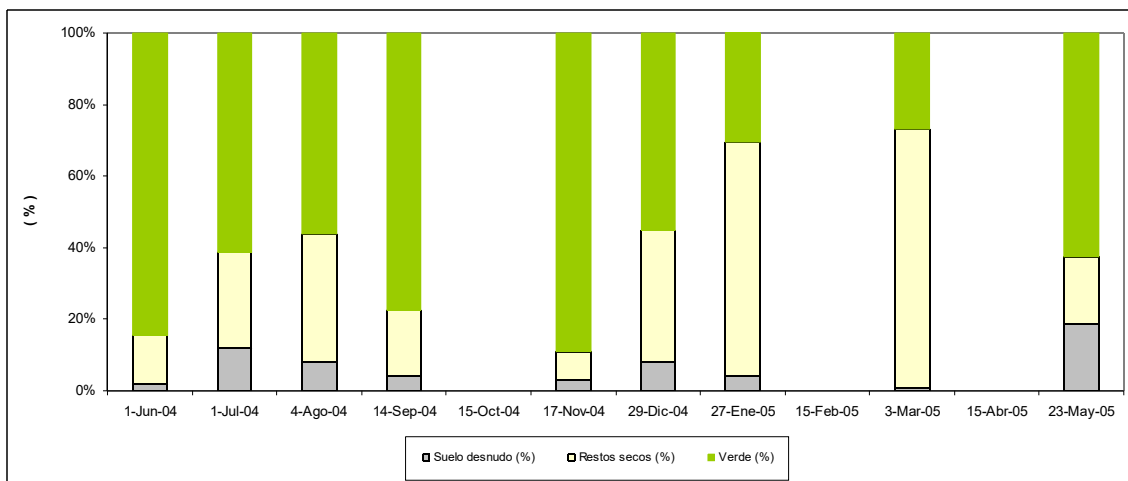


Figura 8. Porcentaje de restos secos, material verde y suelo desnudo por mes (jun/04-may/05).

## EXPERIMENTO 2 – Potrero 2-E1

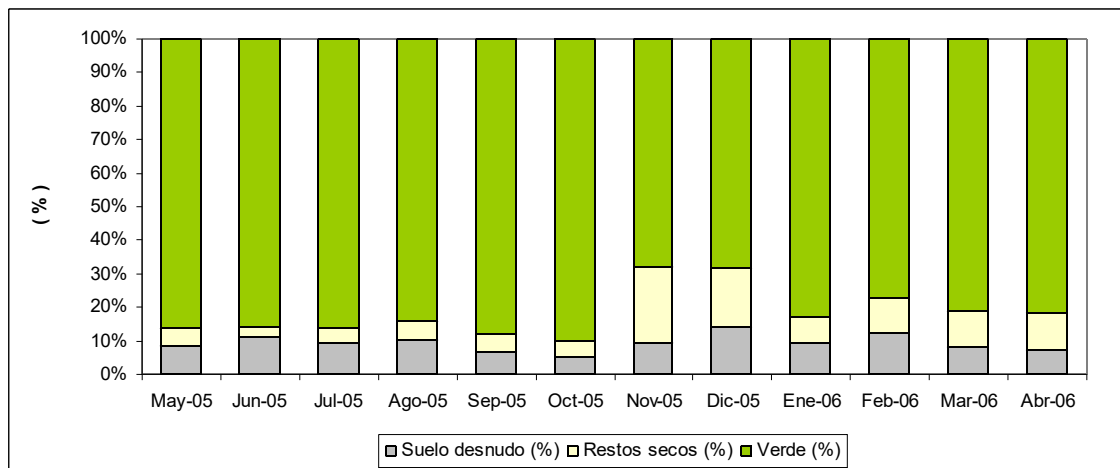


Figura 9. Porcentaje de restos secos, material verde y suelo desnudo por mes (jun/04-abr/06).

### 4.1.3 Calidad

Los resultados de calidad que se presentan en el cuadro 12 corresponden a muestras de pasturas tomadas durante el experimento 2 (invierno 2005-otoño 2006).

Cuadro 12 - Resultados de: PC, FDA, FDN, CEN y DMO del campo natural por estación.

	PC (%)	FDA (%)	FDN (%)	CEN (%)	DMO (%)
<b>INVIERNO</b>	12,31	46,12	66,04	11,35	55,56
<b>PRIMAVERA</b>	8,45	40,70	66,36	8,80	62,34
<b>VERANO</b>	6,71	46,55	71,05	8,77	48,94
<b>OTOÑO</b>	10,82	44,45	62,96	13,89	52,56

PC – Proteína Cruda, FDA – Fibra Detergente Acida, FDN – Fibra Detergente Neutra, CEN – Cenizas, DMO – Digestibilidad de la Materia Orgánica. Los resultados se presentan como porcentaje en base seca.



## 4.2 EVOLUCIÓN DE PESO VIVO Y GANANCIA ANIMAL

### 4.2.1 Pesos vivo promedio estacionales y curvas de crecimiento

Las curvas de crecimiento que se presentan en las Figuras 4.5 y 4.6 correspondientes al año 1 y año 2 respectivamente, fueron elaboradas en base a los pesos analíticos y no presentan análisis estadístico.

#### EXPERIMENTO 1

En el cuadro 13 se presentan los pesos vivos promedios por estación para cada biotipo, correspondiente al primer año de evaluación.

Cuadro 13 - Peso vivo promedio (media  $\pm$  sem) por biotipo para cada estación.

<b>BIOTIPO</b>	<b>INVIERNO (Kg)</b>	<b>PRIMAVERA (Kg)</b>	<b>VERANO (Kg)</b>	<b>OTOÑO (Kg)</b>
<b>AA</b>	138,9 $\pm$ 4,4 b	211,2 $\pm$ 3,1 a	239,6 $\pm$ 5,7 a	240,1 $\pm$ 4,3 a
<b>AH y HA</b>	154,0 $\pm$ 4,2 a	229,5 $\pm$ 2,9 b	258,4 $\pm$ 5,4 b	248,4 $\pm$ 4,2 a
<b>Br</b>	157,8 $\pm$ 4,2 a	194,5 $\pm$ 3,0 c	247,1 $\pm$ 5,4 ab	241,1 $\pm$ 4,2 a
<b>HH</b>	148,2 $\pm$ 4,2 ab	217,1 $\pm$ 2,9 a	242,4 $\pm$ 5,4 a	245,2 $\pm$ 4,2 a

AA – Aberdeen Angus, AH y HA – F1 resultante de cruzas recíprocas entre Aberdeen Angus y Hereford, Br – Braford, HH – Hereford. Letras diferentes expresan diferencias estadísticas de  $P \leq 0,05$ .

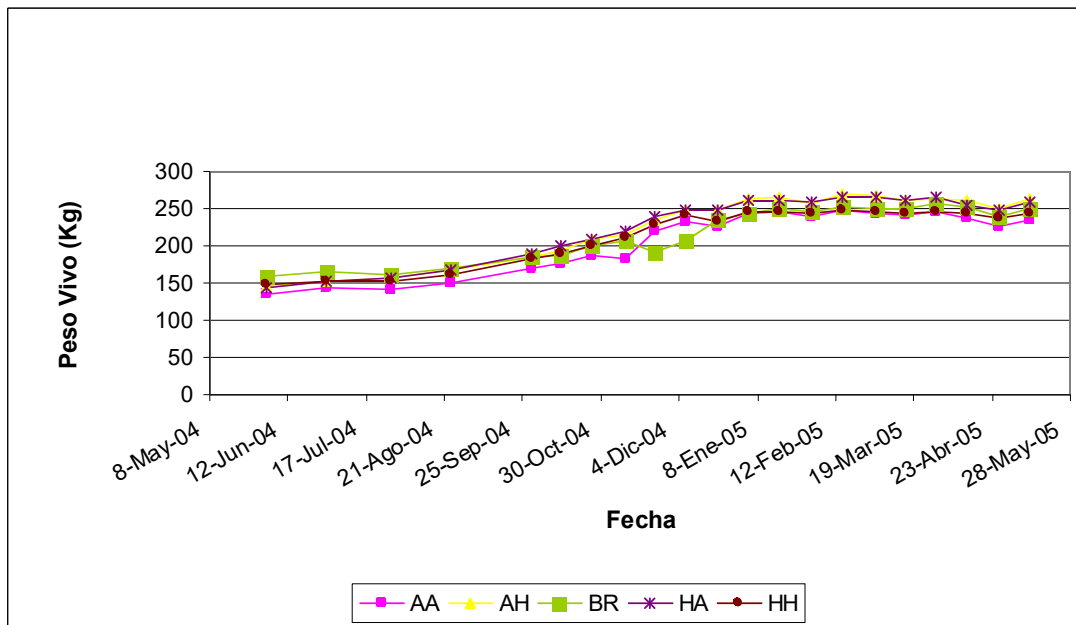
INVIERNO: No existen diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en los pesos promedios estacionales para AH-HA, Br y HH. Sin embargo, AA, resulta estadísticamente ( $P < 0,05$ ) más liviana que AH-HA y Br, no así de HH ( $P < 0,05$ ).

PRIMAVERA: A excepción de AA y HH, las cuales no manifiestan diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) en peso promedio para esta estación, todos los biotipos evaluados presentan diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) en su peso promedio para la estación. Cabe

destacar que entre AA y HH tampoco existe tendencia ( $P < 0,1$ ) a presentar pesos diferentes.

VERANO: AA, Br y HH, no son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ). Tampoco existen diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) entre AH-HA y Br.

OTOÑO: El peso promedio para esta estación no manifiesta diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) para ninguno de los biotipos evaluados.



AA – Aberdeen Angus, AH y HA – F1 resultante de cruzas recíprocas entre Aberdeen Angus y Hereford, Br – Braford, HH – Hereford.

Figura 10. Curvas de crecimiento para cada biotipo.

## EXPERIMENTO 2

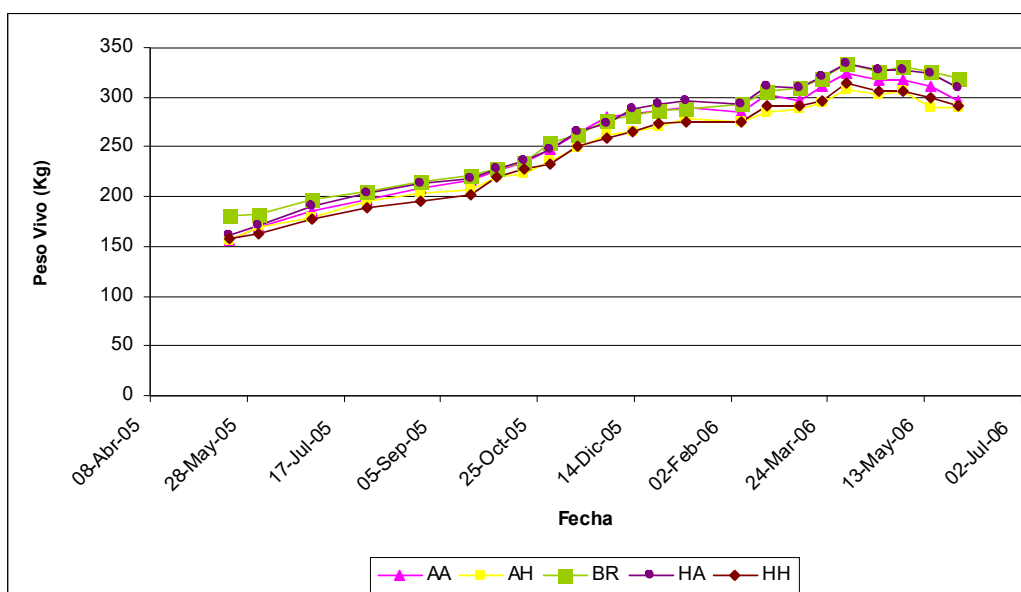
En el cuadro 14 se presentan los pesos vivos promedios por estación para cada biotipo, correspondiente al segundo año de evaluación.

Cuadro 14 - Peso vivo promedio (media  $\pm$  sem) por biotipo para cada estación.

BIOTIPO	INVIERNO (Kg)	PRIMAVERA (Kg)	VERANO (Kg)	OTOÑO (Kg)
AA	198,1 $\pm$ 4,8 ab	253,8 $\pm$ 6,7 a	278,4 $\pm$ 7,3 ab	309,3 $\pm$ 8,8 a
AH y HA	197,8 $\pm$ 4,6 ab	252,1 $\pm$ 6,4 a	281,2 $\pm$ 7,0 ab	310,6 $\pm$ 8,4 a
Br	206,8 $\pm$ 4,6 b	256,3 $\pm$ 6,4 a	295,4 $\pm$ 7,0 b	321,1 $\pm$ 8,4 a
HH	188,7 $\pm$ 4,6 a	241,3 $\pm$ 6,4 a	272,9 $\pm$ 7,0 a	297,9 $\pm$ 8,4 a

AA – Aberdeen Angus, AH y HA – F1 resultante de cruzas reciprocas entre Aberdeen Angus y Hereford, Br – Braford, HH – Hereford. Letras diferentes expresan diferencias estadísticas de  $P \leq 0,05$ .

En cuanto a los pesos vivos promedio para cada estación, no se registraron diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) entre biotipos para primavera y otoño. No obstante en otoño existió una tendencia a haber diferencias entre Br y HH ( $P < 0,06$ ), en favor de mayor peso para Br. En invierno y verano, solo se registraron diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) entre Br y HH, también a favor de mayor peso para las Br.



AA – Aberdeen Angus, AH y HA – F1 resultante de cruzas reciprocas entre Aberdeen Angus y Hereford, Br – Braford, HH – Hereford.

Figura 11. Curvas de crecimiento para cada biotipo.

Más allá de alguna variación puntual, no parecen haber diferencias destacables entre las curvas de crecimiento de cada biotipo, tanto en el año 1 como en el año 2. Ver figuras 10 y 11.

#### **4.2.2 Peso vivo de principio y fin de invierno y tasa de ganancia invernala**

En los cuadros 15 y 16 se presentan los pesos vivos promedios para cada biotipo al inicio, al final del invierno y las tasas de ganancia promedio invernala el experimento 1 y 2 respectivamente.

#### **EXPERIMENTO 1**

Cuadro 15 - Peso vivo promedio (media  $\pm$  sem) al inicio, al final del invierno y tasa de ganancia invernala (media  $\pm$  sem) por biotipo.

<b>BIOTIPO</b>	<b>Peso Vivo Inicial (Kg)</b>	<b>Peso Vivo Final (Kg)</b>	<b>Tasa de ganancia (Kg/a/día)</b>
<i>AA</i>	133,9 $\pm$ 4,5 b	171,9 $\pm$ 5,7 a	0,266 $\pm$ 0,022 ab
<b>AH y HA</b>	144,6 $\pm$ 4,3 ab	186,9 $\pm$ 5,5 a	0,321 $\pm$ 0,021 b
<b>Br</b>	157,8 $\pm$ 4,3 c	185,5 $\pm$ 5,5 a	0,179 $\pm$ 0,021 c
<b>HH</b>	147,1 $\pm$ 4,3 ac	183,6 $\pm$ 5,5 a	0,238 $\pm$ 0,021 ac

AA – Aberdeen Angus, AH y HA – F1 resultante de cruza reciprocas entre Aberdeen Angus y Hereford, Br – Braford, HH – Hereford. Letras diferentes expresan diferencias estadísticas de  $P \leq 0,05$ .

En cuanto a los peso al inicio del invierno, los cuales coinciden con los pesos de inicio del experimento, existen diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) a favor de las terneras Br y HH, respecto del resto de los biotipos. No obstante se manifiesta una tendencia a haber diferencias ( $P < 0,09$ ) entre AA y AH-HA y entre Br y HH.

Para peso vivo al final del invierno, no existen diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). Sin embargo hay una tendencia ( $P < 0,06$ ), a que las vaquillonas AH-HA

resulten mas pesadas que las AA. También las Br tendieron ( $P=0,09$ ) a ser mas pesadas que las AA.

Respecto de las tasas de ganancia invernales se puede destacar, que si bien no existen diferencias ( $P>0,05$ ) entre AA y AH-HA, las vaquillonas AH-HA tendieron ( $P=0,08$ ) a presentar una tasa de ganancia mayor que las vaquillonas AA. También se destaca que si bien no se registran diferencias ( $P>0,05$ ) entre Br y HH, se manifiesta una tendencia ( $P=0,06$ ) a que las vaquillonas HH ganaron mas que las vaquillonas Br en este periodo.

## EXPERIMENTO 2

Cuadro 16 - Peso vivo promedio (media + sem) al inicio, al final del invierno y tasa de ganancia invernal (media + sem) por biotipo.

<b>BIOTIPO</b>	<b>Peso Vivo Inicial (Kg)</b>	<b>Peso Vivo Final (Kg)</b>	<b>Tasa de ganancia (Kg/a/día)</b>
<b>AA</b>	170,3 ± 4,2 a	217,3 ± 6,4 ab	0,458 ± 0,033 a
<b>AH y HA</b>	170,2 ± 4,0 a	212,9 ± 6,1 ab	0,428 ± 0,031 a
<b>Br</b>	182,8 ± 4,0 b	220,7 ± 6,1 b	0,374 ± 0,031 a
<b>HH</b>	163,4 ± 4,0 a	202,3 ± 6,1 a	0,396 ± 0,031 a

AA – Aberdeen Angus, AH y HA – F1 resultante de cruzas reciprocas entre Aberdeen Angus y Hereford, Br – Braford, HH – Hereford. Letras diferentes expresan diferencias estadísticas de  $P\leq 0,05$ .

En cuanto a peso al inicio del invierno, que coincide con el peso al inicio del experimento 2, Br resulto estadísticamente ( $P<0,05$ ) mas pesado que el resto de los biotipos. Este hecho puede apreciarse en la Figura 4.7, donde se presentan las curvas de crecimiento promedio para cada biotipo.

Para el final del invierno, las diferencias en peso más notorias ( $P<0,05$ ) fueron entre Br y HH a favor de más peso para las primeras. No obstante las vaquillonas AA tendieron ( $P<0,1$ ) a ser mas pesadas que las HH.

No existieron diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) para ganancia invernal entre los biotipos. Sin embargo, las vaquillonas AA tendieron ( $P < 0,07$ ) a registrar mayores ganancias diarias que las Br en esta estación.

#### 4.2.3 Tasas de ganancia

Los cuadros 17 y 18 presentan las tasas de ganancia media por biotipo para cada estación, para el experimento 1 y 2 respectivamente.

#### EXPERIMENTO 1

Cuadro 17 - Tasas de ganancia (media  $\pm$  sem) por biotipo para primavera, verano, otoño e invierno.

<b>BIOTIPO</b>	<b>Tasa de ganancia (Kg/a/día) INVIERNO</b>	<b>Tasa de ganancia (Kg/a/día) PRIMAVERA</b>	<b>Tasa de ganancia (Kg/a/día) VERANO</b>	<b>Tasa de ganancia (Kg/a/día) OTOÑO</b>
<b>AA</b>	0,266 $\pm$ 0,022 ab	0,654 $\pm$ 0,035 ab	0,001 $\pm$ 0,040 a	0,068 $\pm$ 0,075 a
<b>AH y HA</b>	0,321 $\pm$ 0,021 b	0,730 $\pm$ 0,034 a	0,020 $\pm$ 0,040 a	0,174 $\pm$ 0,071 a
<b>Br</b>	0,179 $\pm$ 0,021 c	0,607 $\pm$ 0,034 b	0,126 $\pm$ 0,040 b	0,064 $\pm$ 0,071 a
<b>HH</b>	0,238 $\pm$ 0,021 ac	0,657 $\pm$ 0,034 ab	-0,020 $\pm$ 0,040 a	0,049 $\pm$ 0,071 a

AA – Aberdeen Angus, AH y HA – F1 resultante de cruzas recíprocas entre Aberdeen Angus y Hereford, Br – Braford, HH – Hereford. Letras diferentes expresan diferencias estadísticas de  $P \leq 0,05$ .

PRIMAVERA: AA, AH-HA y HH no mostraron diferencias ( $P > 0,05$ ) estadísticas entre sí, aunque las vaquillonas cruza tendieron ( $P = 0,09$ ) a alcanzar tasas de ganancias diarias más altas que las AA y HH puras.

VERANO: De los 4 biotipos evaluados, solo Br mostró ganancias de peso estadísticamente superiores en esta estación ( $P < 0,05$ ).

OTOÑO: No se registraron diferencias estadísticas entre los biotipos para ganancia diaria en esta estación ( $P < 0,05$ ), tampoco se registraron tendencias hasta un ( $P < 0,1$ ).

## EXPERIMENTO 2

Cuadro 18 - Tasas de ganancia (media  $\pm$  sem) por biotipo para primavera, verano, otoño e invierno.

BIOTIPO	Tasa de ganancia (Kg/a/día)	Tasa de ganancia (Kg/a/día)	Tasa de ganancia (Kg/a/día)	Tasa de ganancia (Kg/a/día)
	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
AA	0,458 $\pm$ 0,033 a	0,773 $\pm$ 0,039 a	0,289 $\pm$ 0,038 a	-0,452 $\pm$ 0,060 a
AH y HA	0,428 $\pm$ 0,031 a	0,724 $\pm$ 0,037 a	0,294 $\pm$ 0,037 a	-0,369 $\pm$ 0,057 ab
Br	0,374 $\pm$ 0,031 a	0,722 $\pm$ 0,037 a	0,432 $\pm$ 0,037 b	-0,238 $\pm$ 0,057 b
HH	0,396 $\pm$ 0,031 a	0,760 $\pm$ 0,037 a	0,284 $\pm$ 0,037 a	-0,388 $\pm$ 0,057 ab

AA – Aberdeen Angus, AH y HA – F1 resultante de cruzas recíprocas entre Aberdeen Angus y Hereford, Br – Braford, HH – Hereford. Letras diferentes expresan diferencias estadísticas de  $P \leq 0,05$ .

PRIMAVERA: En esta estación no se registraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre los biotipos evaluados en ganancia de peso, tampoco se observan tendencias a que existan dichas diferencias.

VERANO: No se registraron diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) entre AA, AH-HA y HH. Solamente Br mostró diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ), logrando mayores ganancias diarias que el resto de los biotipos evaluados.

OTOÑO: Se trata de la única estación en la que se registraron ganancias de peso negativas. Mas allá de ello, las únicas diferencias estadísticas encontradas ( $P < 0,05$ ) fueron entre AA y Br, no registrándose diferencias entre el resto de los biotipos

evaluados. Existe también una tendencia ( $P < 0,07$ ) a haber diferencias entre Br y HH (-238 Vs. -388 grs/día) respectivamente.

### 4.3 RESULTADOS REPRODUCTIVOS

Los resultados reproductivos que se presentan para el experimento 1 son datos analíticos, ya que el número de animales que alcanzaron la pubertad durante este experimento no permitió un análisis estadístico. En cambio para el experimento 2 todos los resultados que se presentan fueron analizados estadísticamente.

A continuación en las figuras 12, 13 y 14 se presentan los diferentes tipos de perfiles hormonales encontrados: 12, animales que no alcanzaron la pubertad; 13, animales que entran en pubertad en forma normal y 14, animales que alcanzan la pubertad y posteriormente caen en anestro.

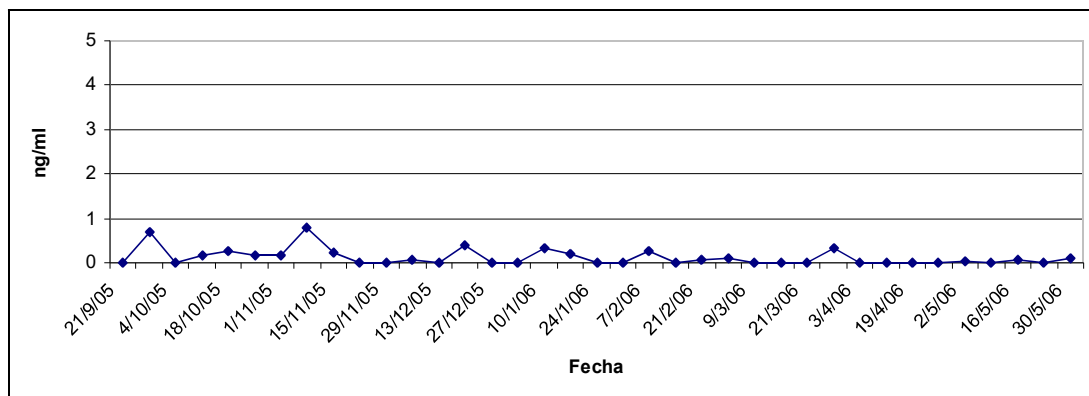


Figura 12. Perfil de progesterona de una vaquillona que nunca entró en pubertad.



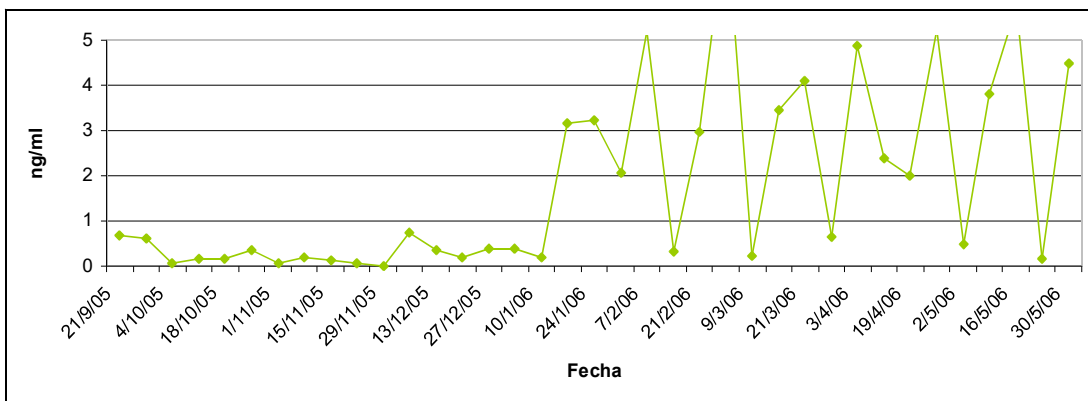
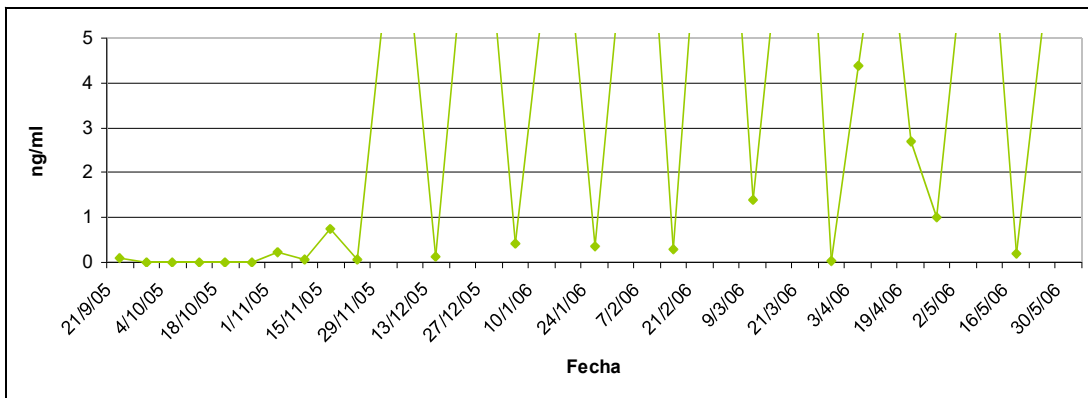
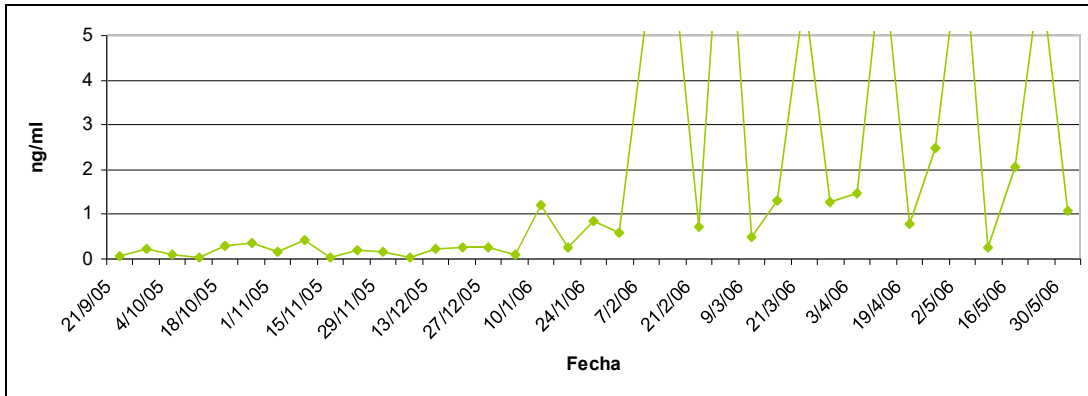


Figura 13. Perfiles de progesterona de vaquillonas que entraron en pubertad y se mantuvieron ciclando hasta el último sangrado.

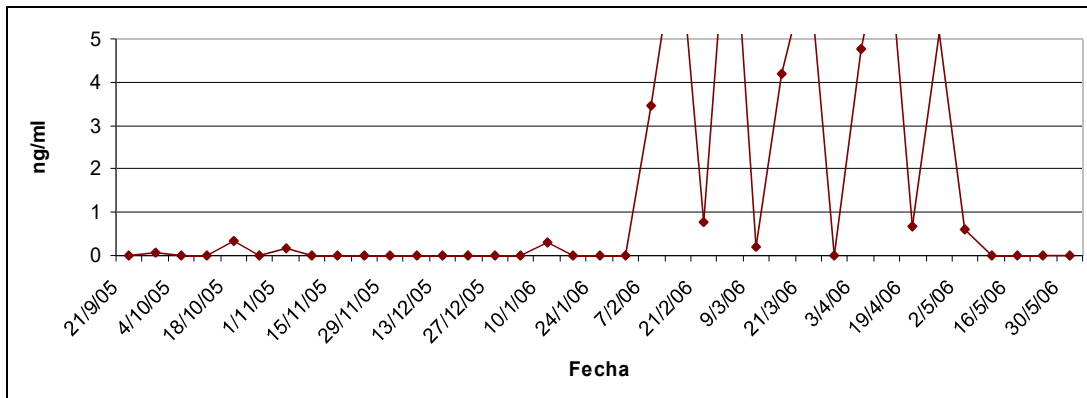


Figura 14. Perfil de progesterona de una vaquillona que entró en pubertad y luego cayó en anestro.

#### 4.3.1 Porcentaje de animales púberes

Los cuadros 19 y 20 muestran los porcentajes de animales que entraron en pubertad durante el período experimental en el experimento 1 y el experimento 2 respectivamente.

#### EXPERIMENTO 1

Cuadro 19 - Porcentaje y frecuencia de animales púberes por biotipo.

BIOTIPO	Presentaron Pubertad (%)
AA	9 (1/11)
AH y HA	8 (1/12)
Br	8 (1/12)
HH	17 (2/12)
<b>TOTAL</b>	<b>11 (5/47)</b>

AA – Aberdeen Angus, AH y HA – F1 resultante de cruzas recíprocas entre Aberdeen Angus y Hereford, Br – Braford, HH – Hereford.

#### EXPERIMENTO 2

Cuadro 20 - Porcentaje y frecuencia de animales púberes por biotipo.

BIOTIPO	Presentaron Pubertad
---------	----------------------

	(%)
AA	64 (7/11) a
AH y HA	67 (8/12) a
Br	67 (8/12) a
HH	67 (8/12) a
<b>TOTAL</b>	<b>66 (31/47)</b>

AA – Aberdeen Angus, AH y HA – F1 resultante de cruzas reciprocas entre Aberdeen Angus y Hereford, Br – Braford, HH – Hereford. Letras diferentes expresan diferencias estadísticas de  $P \leq 0,05$ .

No existieron diferencias estadísticas con un  $P < 0,05$  en el porcentaje de animales que alcanzaron la pubertad para los distintos biotipos.

#### **4.3.2 Peso y edad a la pubertad**

En los cuadros 21 y 22 se presentan los pesos y edades promedio para cada biotipo a pubertad para el año 1 y el año 2 respectivamente. Para el año 1 solo se presentan los datos analíticos ya que el número de animales que alcanzaron la pubertad en este experimento no permitió su análisis estadístico.

### EXPERIMENTO 1

Cuadro 21 - Peso y edad a pubertad según biotipo.

<b>BIOTIPO</b>	<b>Peso a Pubertad (Kg)</b>	<b>Edad a Pubertad (Días)</b>
AA	231,2	s/d
AH y HA	201,5	392
Br	172,1	380
HH	245,5	s/d

AA – Aberdeen Angus, AH y HA – F1 resultante de cruzas reciprocas entre Aberdeen Angus y Hereford, Br – Braford, HH – Hereford. s/d – no existen registros de fecha de nacimiento para estos animales.

Para AA y HH no se cuenta con datos de edad a la pubertad, ya que de estos animales no se cuenta con fecha de nacimiento.

## EXPERIMENTO 2

Cuadro 22 - Peso (media  $\pm$  sem) y edad (media  $\pm$  sem) a pubertad según biotipo.

BIOTIPO	Peso a Pubertad (Kg)	Edad a Pubertad (Días)
AA	294,7 $\pm$ 9,1 a	479 $\pm$ 11,4 a
AH y HA	291,1 $\pm$ 7,9 a	483 $\pm$ 9,8 a
Br	285,2 $\pm$ 7,9 a	481 $\pm$ 9,8 a
HH	282,4 $\pm$ 7,9 a	497 $\pm$ 16,1 a

AA – Aberdeen Angus, AH y HA – F1 resultante de cruza recíprocas entre Aberdeen Angus y Hereford, Br – Braford, HH – Hereford. Letras diferentes expresan diferencias estadísticas de  $P \leq 0,05$ .

Tanto para peso como para edad a la pubertad no se registraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ).

## **5. DISCUSION**

El presente trabajo se realizó a través de dos experimentos, llevados a cabo en dos años consecutivos y para los cuales se utilizó el mismo protocolo experimental. La diferencia mas importante que existió entre estos dos experimentos fue la variabilidad climática entre años. Una importante seca registrada en el primer experimento determinó que muy pocos animales alcanzaran la pubertad lo que impidió un análisis estadístico de los resultados reproductivos, sí fueron analizados estadísticamente los pesos estacionales y las ganancias diarias de peso vivo. Esta información resultó de gran valor para interpretar los resultados obtenidos.

Los pesos promedios alcanzados a la pubertad en nuestro segundo año según biotipo fueron de: 295 Kg. para AA, 291 Kg. para AH y HA, 285 Kg. para Br, y 282 Kg. para HH. En promedio para los cuatro biotipos evaluados el peso a la pubertad fue de 288 Kg., siendo la ganancia diaria media para el invierno de 0,414 Kg/día y alcanzando la pubertad el 66% de las vaquillonas. Resultados similares fueron obtenidos en trabajos nacionales. Por ejemplo, Straumann (2006), reportó que cuando todos los animales evaluados alcanzaron la pubertad (a través de una tasa de ganancia invernal de 0,650 Kg./día), el peso logrado fue de 294 Kg. para vaquillonas cruza Aberdeen Angus x Hereford, mientras que cuando las ganancias invernales fueron leves (0,116 Kg./día), el peso promedio a la pubertad fue de 278 Kg. alcanzando la pubertad el 42 % de las vaquillonas.

Por su parte Barreto y Negrín (2005), también trabajando con animales AH y HH lograron un peso a la pubertad de 295 Kg. manejando ganancias invernales muy similares a las utilizadas en nuestro trabajo (0,398 Kg./día). En este trabajo el porcentaje de animales púberes al final del experimento fue de 83 %.

También a nivel nacional Costa et al. (2007), trabajando con vaquillonas cruza Angus-Hereford y manejando una ganancia diaria invernal de 0,385 Kg./día, muy similar a la lograda en nuestro segundo experimento, obtuvieron un peso promedio a la pubertad de 256 Kg., lo que marca una diferencia de casi 30 kilogramos menos respecto de los obtenidos en el presente trabajo. Los mismos autores, incluso con terneras que obtuvieron ganancias diarias invernales de 0,535 Kg., el peso al que alcanzaron la pubertad fue de 264 Kg., 24 Kg. menos que los obtenidos en nuestro trabajo. Estas diferencias pueden estar asociadas a las diferencias genéticas que presentan las distintas líneas dentro de una misma raza, o dependiente del sistema de cruzamiento que le den origen a las cruza y por ende el porcentual de sangre de cada biotipo parental, como lo reporta Olson et al. (1993).

Otros datos obtenidos a nivel nacional fueron los publicados por De Castro et al. (2004), quienes obtuvieron un peso y edad promedio a pubertad de 272 Kg y 612 días (20,4 meses) para terneras Aberdeen Angus y Hereford destetadas precozmente. En tanto que para terneras destetados a los 6 meses de vida, la pubertad se alcanzo a los 268 Kg y 579 días (19,3 meses) en promedio. En ambos casos la edad a la que estas terneras alcanzaron la pubertad fue mas determinante que el peso, avalando lo sugerido por varios autores que sostienen que después de una edad determinada, el peso pasa a tener una relevancia menor en determinar la aparición de la pubertad (Bagley 1993, Barcellos 2003).

A nivel internacional, Kunkle y Sand (1993), Barcellos (2003) y a nivel nacional, Pittaluga y Rovira (1968), propusieron que la vaquillona de reemplazo debería llegar al inicio del entore con un 65% del peso de un animal adulto (453 Kg.), o sea 294 Kg, (Kunkle y Sand, 1993), lo que resulta comparable con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Por su parte Hafez (1993) expresa que en ganado para carne se alcanza la pubertad cuando el peso es de 45 a 55% del peso corporal adulto. En este sentido, Quintans et al. (2002), Quintans et al. (2003), sugiere que el peso con el que las

vaquillonas alcanzan la pubertad ha ido aumentando a lo largo de estos años. Según plantean estos autores, la causa sería un aumento en el peso vivo adulto de los ganados, y por ende el peso al que las vaquillonas alcanzan la pubertad, como consecuencia de la incorporación de semen extranjero en el rodeo nacional. Esta hipótesis surgió como respuesta a la creciente inquietud de técnicos y productores que no lograban preñar vaquillonas habiendo alcanzado los históricos pesos sugeridos de 270 - 280 Kg. En un trabajo preeliminar Quintans et al. (2003), constataron que solo el 40 % de un lote de terneras cruza Aberdeen Angus x Hereford, las cuales habían logrado altas tasas de ganancias invernales, alcanzaron la pubertad presentando 280 Kg. de peso vivo y 15 meses de edad. Estas primeras observaciones dieron origen a una línea de investigación en el tema (Barreto y Negrin 2005, Straumann 2006, Costa et al. 2007, Quintans et al. 2008 y la presente tesis).

Lo que resulta muy valioso de las comparaciones realizadas hasta el momento es el hecho de que estos experimentos se realizaron geográficamente muy próximos y siguiendo protocolos de investigación muy similares. Una diferencia destacable es que en nuestro experimento el 25 % de las vaquillonas evaluadas fueron Braford (Br) y el 75 % fueron británicas o cruza británicas (AA, AH-HA y HH), mientras que en el resto de los ensayos el 100 % de las vaquillonas evaluadas fueron británicas o cruza británicas (AA, AH-HA y HH). De todas maneras en el presente estudio no se registraron diferencias significativas en los resultados reproductivos entre biotipos. En nuestro primer experimento si bien muy pocas vaquillonas pudieron alcanzar la pubertad dadas las condiciones de sequía, resulta destacable que las vaquillonas Br lograron en promedio para el verano más de 100 gramos/animal/día de ganancia de peso respecto de las AA, AH-HA y HH, las cuales obtuvieron ganancias en torno al mantenimiento. Este hecho coincide con información internacional que reporta una mejor adaptación al consumo de pasturas estivales por parte de *Bos indicus* respecto de *Bos Taurus* (Frisch y Vercoe, citados por Frick y Borges 2003, Barcellos 2003). Este hecho se repitió en verano y otoño del segundo experimento, en verano explicado por una mejor adaptación

a las condiciones de la estación y en otoño por una mayor capacidad para aprovechar los recursos limitantes, ya que se había instalado una nueva sequía.

A nivel nacional quienes intentaron evaluar peso, edad y porcentaje de animales púberes trabajando con 2 biotipos (HH y AH), y además con dos tasas de ganancias invernales (perdida: -0,116 y ganancia: 0,398), fueron Barreto y Negrin (2005). Estos autores reportaron una interacción entre el biotipo y la ganancia diaria invernal para porcentaje de animales púberes, lo cual no fue posible identificar en el presente trabajo ya que se maneja una sola tasa de ganancia invernal. Sin embargo dichos autores encontraron que cuando las terneras lograban ganancias de peso invernales moderadas, las cuales fueron similares a las obtenidas en nuestros dos experimentos, el 100% de las HH alcanzo la pubertad, mientras que solo el 66% de las cruza lo hicieron ( $P < 0,0001$ ). En tanto en nuestro trabajo no se encontró diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) para porcentaje de animales púberes (67% tanto para HH como para AH y HA), peso y edad a pubertad entre biotipos. De todas formas en ambos experimentos el número de animales utilizados por biotipo fue la limitante más importante.

O'Mary y Dyer, citados por Frick y Borges (2003), reportaron que para lograr 65 a 70% de vaquillonas en celo, las Hereford requirieron 295 Kg. de peso vivo mientras que cruza Brahman debería llegar a 330 Kg. En tanto que para obtener 85 a 90% de celos requirieron 320 y 340 Kg. respectivamente. En nuestro trabajo, el 67 % (8/12) de las vaquillonas Braford alcanzaron la pubertad, las cuales presentaron un peso promedio de 285 Kg.

Bavera (2000a) reportó que las cruza entre razas continentales son menos precoces que las cruza entre razas británicas, mientras que los cruzamientos con cebú demoran más en alcanzar la pubertad que las razas continentales, ya que el cebú puro alcanza la pubertad a una edad considerablemente más avanzada que el bovino europeo. Coincidentemente, Gregory et al. (1979), Cundiff et al. (1993), compilando datos de



varios experimentos encontraron valores para la edad a la pubertad en vaquillonas Nelore, Brahman, Brangus y Hereford de 412, 439, 385 y 365 días respectivamente. Siempre la mayor edad al primer celo fue asociada al mayor porcentaje de sangre cebuino de la vaquillona.

Kunkle y Sand (1993), propusieron que el biotipo seleccionado influye en el peso y la edad con que las vaquillonas pueden ser entoradas por primera vez. Mas concretamente en lo que tiene que ver con el aporte de sangre cebuina a través de la raza Braford, la mayor parte de la bibliografía consultada sugiere diferencias a favor de que el aporte de dicha sangre aumente los pesos y la edad con que las vaquillonas alcanzan la pubertad. Concordantemente Baker et al. (1989), midiendo peso y edad a pubertad entre otras características, reporto que Brahman resulto el biotipo mas pesado y con mayor edad a la pubertad sobre biotipos continentales y británicos. Cabe destacar que se mantuvo la misma tendencia para animales cruza Brahman. Dow et al. (1982), condujo un ensayo similar al de Baker et al. (1989), pero utilizo razas británicas y cebuínas, arrojando la misma tendencia en cuanto al comportamiento de los biotipos y las cruza utilizadas por Baker et al. (1989). Así, las razas para carne de rápido crecimiento y de gran tamaño adulto llegan a la pubertad mas tarde y con un mayor peso vivo relativo (Patterson et al., 1992), que las de menor ganancia y de tamaño menor (Laster et al. 1972, Martin et al., citados por Barcellos 2003). Si bien en el presente trabajo no fueron evaluados biotipos continentales, no se registraron diferencias significativas entre cruza británicas y cebuinas. Las diferencias que reportaron estos autores, pueden estar explicadas por varios factores, pero muy posiblemente los animales utilizados por estos autores presenten un frame mayor al de los animales utilizados en nuestro trabajo. Fitzhugh, citado por Barcellos (2003), aseguran que una estructura corporal mas grande, y un mayor tamaño adulto, puede tener un impacto negativo en el desempeño reproductivo en hembras, como ser retraso de la edad a la pubertad y menor eficiencia reproductiva, particularmente cuando los recursos alimenticios son escasos. Por otra

parte el número de animales utilizados en la presente tesis fue pequeño como para lograr afirmaciones más contundentes.

En cuanto a la edad a la pubertad en la vaquillona, ésta ocurre después de un periodo de 6 a 24 meses de maduración post-natal, en una tasa que depende fundamentalmente de factores ambientales y genéticos (Barcellos, 2003).

Freetly y Cundiff (1997), evaluando 1275 vaquillonas encontraron variaciones de la misma magnitud entre y dentro de razas para peso (AA: 342, HH: 348, Brahman: 342) y edad (AA: 349, HH: 353, Brahman: 411), pero no verificaron diferencias significativas entre razas en el porcentaje de vaquillonas púberes en el final del entore. Esta información resulta de gran valor, no solo por el tamaño de la población en estudio, sino porque el experimento se llevo a cabo en condiciones de pastoreo.

La edad promedio a la pubertad registrada en el presente experimento fue de 485 días (16,1 meses). Por su parte Pittaluga y Rovira (1968) reportaron edades a la pubertad de 405 y 425 días para un plano nutricional predestete alto (174 Kg. al destete) y bajo (139 Kg. al destete) respectivamente, trabajando con razas británicas. En tanto que Barcellos, citado por Barcellos (2003), en Brasil, y en condiciones de pastoreo trabajando con vaquillonas Braford reporto una edad a pubertad de 433 días manteniendo una ganancia de 0,5 Kg./día. Straumann (2006), tras trabajar con 3 niveles de ganancias invernales concluyó que la alimentación durante el primer invierno post-destete afecto la proporción, peso y edad a la que las terneras alcanzan la pubertad. En dicho experimento, dos grupos de terneras que recibieron planos nutricionales diferentes durante su primer invierno pero que realizaron tasas de ganancias de peso compensatorias en primavera y verano, llegando al final del experimento con igual peso y edad, habían logrado diferente porcentajes de animales púberes. Este hecho dejo entrever que el peso estático no sería el único factor determinante de la llegada a la pubertad sino que la dinámica de la ganancia de peso sería también un factor de

importancia a tener presente. Frick y Borges (2003), también coinciden en que la ganancia diaria invernal (a diferencia del peso al entore) es un buen indicador de la futura fertilidad en vaquillonas con servicio a los 18 meses.

Se destaca la necesidad de seguir investigando en esta línea, no solo por la importancia que implica poseer información sobre servicios anticipados, sino también por la variabilidad que imprime trabajar con sistemas pastoriles.

## **6. CONCLUSIONES**

- ◆ Se presentaron condiciones ambientales muy diferentes entre los experimentos 1 y 2, que condicionaron fuertemente los resultados en el porcentaje de animales púberes.
- ◆ En el experimento 2, para el cual se contó con análisis estadístico, no se registraron diferencias significativas ( $P \geq 0,05$ ) en porcentaje de animales púberes, peso y edad a la pubertad entre los biotipos evaluados.
- ◆ Los pesos y edades a la pubertad alcanzados (282 – 295 Kg. y 479 – 497 días) concuerdan con la información nacional más reciente, la cual marca una diferencia importante con los valores previamente observados en la década del 60 (240 – 260 Kg.).
- ◆ El presente trabajo realizó un aporte más en la caracterización del inicio de la pubertad en terneras para carne en nuestras condiciones pastoriles.
- ◆ Se destaca la importancia que implica contar con información que permita encarar con éxito servicios anticipados en nuestros rodeos.

## 7. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue caracterizar el inicio de la actividad reproductiva en terneras de razas carniceras de diferentes biotipos en condiciones pastoriles. Se realizaron dos años de evaluación, utilizándose 47 terneras cada año: 11 Aberdeen Angus (AA), 6 Angus x Hereford (AH), 6 Hereford x Angus (HA), 12 Hereford (HH) y 12 Braford (Br) (n total=94). Cada experimento se inicio con terneras destetadas con pesos promedios iniciales de 146 Kg, en el año 1 y de 171 Kg. en el año 2. En los experimentos se distinguieron dos periodos: un periodo invernal, donde las terneras recibieron una suplementación con un concentrado energético al 1% del peso vivo y se registraba peso vivo cada 28 días. Luego un periodo que fue desde la primavera hasta el otoño siguiente (sin suplementación), donde se registró peso vivo cada 14 días y se realizaban sangrados semanales para establecer la fecha de entrada en pubertad a través de progesterona en sangre. Debido a que en el año 1 muy pocas terneras entraron en pubertad debido a una fuerte sequía registrada, no fue posible analizar los resultados estadísticamente. Sin embargo los resultados del año 2 sí fueron analizados estadísticamente y no arrojaron diferencias ( $P>0,05$ ) para peso y edad a la pubertad entre los biotipos utilizados. Tampoco se registraron diferencias estadísticas entre biotipos ( $P>0,05$ ), para porcentaje de animales púberes al final del experimento. El porcentaje de animales púberes en el año 2 fue de: 66%, y el peso y edad promedio de 288 Kg y 485 días.

Palabras clave: Terneras; Pubertad; Tasas de ganancia; Peso a pubertad; Edad a pubertad; Biotipo.

## 8. SUMMARY

The aim of the present experiment was to characterize the onset of reproductive activity on beef heifers of different biological types under pastures feeding. We carried out two experiments throught two consecutive years. 47 heifers were used each year: 11 Aberdeen Angus (AA), 6 Angus x Hereford (AH), 6 Hereford x Angus (HA), 12 Hereford (HH) and 12 Braford (Br). Each experiment started with weaned female calves that weighed 146 Kg. and 171 Kg. in experiment 1 and 2 respectively. For each experiment we can describe two periods: a winter period while heifers received an energetic supplement (1% of their live weight) and were weighed each 28 days. Then, a period from spring to next autumn (without supplementation) where body live weight were recorded bi-weekly and jugular blood samples were collected weekly in order to determine date at puberty through progesterone concentration. Because of an important drought during experiment 1 only few heifers achieved puberty, and this made impossible an statistical analyze for the results. However data obtained from experiment 2 could be analyzed statistically and there were no statistical differences ( $P>0,05$ ) for weight and age at puberty among the biological tyoes used. In the same way, there were no statistical differences ( $P>0,05$ ) for the percentage of puberty heifers. In fact, the percentage of puberal heifers were in average 66 %, and the body live weight and age at puberty were 288 kg and 485 days , respectively.

Key words: Calves; Puberty; Growth rate; Weight at puberty; Age at puberty; Biological types.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. ADAM, C. L.; ROBINSON, J. J. 1994. The role of nutrition and photoperiod in the timing of puberty. *In*: Symposium of Reproduction and Fertility (1994, Nottingham). Proceedings. Proceedings of the Nutrition Society. 53: 89-102.
2. ANDERSON, L.H.; MCDOWELL, C.M.; DAY, M.L. 1996. Progestin-induced puberty and secretion of luteinizing hormone in heifers. *Biology of Reproduction*. 54: 1025-1031.
3. ARAUJO, A. 2004. Pubertad en la hembra bovina. (en línea). VET-UY Agro y Veterinaria. Ago: s.p. Consultado 29 ago. 2005. Disponible en [http://www.veterinaria.org/asociaciones/vet.uy/articulos/artic\\_bov/053/bov053.htm](http://www.veterinaria.org/asociaciones/vet.uy/articulos/artic_bov/053/bov053.htm).
4. ARIJE, G.; WILTBANK, J. N. 1971. Age and weight at puberty in Hereford heifers. *Journal of Animal Science*. 33(2):401-406.
5. BAGLEY, C. P. 1993. Nutritional management of replacement beef heifers, a review. *Journal of Animal Science*. 71: 3155-3163.
6. BAKER, J. F.; LONG, C. R.; POSADA, G. A.; McELHENNEY, W. H.; CARTWRIGHT, T. C. 1989. Comparison of cattle of a five-breed diallel; size, growth, condition and pubertal characters of second generation heifers. *Journal of Animal Science*. 67:1218-1229.
7. BARCELLOS, J. O.; COSTA, E.; SILVA, M.; SEMMELMANN, C.; MONTANHOLI, Y.; PRATES, E.; GRECELLÉ, R.; MENDES, R.; WUNDSCH, C.; PEREIRA, J. 2003. Crecimiento de fêmeas bovinas de corte aplicado los sistemas de cría. s. l., Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomía. Departamento de Zootecnia. 72 p.
8. 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.
9. BAVERA, G. A. 2000a. Factores que afectan la pubertad, curso de producción bovina de carne. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía Veterinaria. 3 p. Consultado 5 ago. 2006. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/cria/02-factores\\_que\\_afectan\\_la\\_pubertad.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/cria/02-factores_que_afectan_la_pubertad.pdf).

10. \_\_\_\_\_. 2000b. Primer entore, curso de producción bovina de carne. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía Veterinaria. 3 p. Consultado 5 ago. 2006. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/cria/17-primer\\_entore.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/cria/17-primer_entore.pdf).
11. \_\_\_\_\_. 2000c. Pubertad, curso de producción bovina de carne. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía Veterinaria. 2 p. Consultado 5 ago. 2006. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/cria/01-pubertad\\_en\\_machos\\_y\\_hembras.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/cria/01-pubertad_en_machos_y_hembras.pdf).
12. BOCCO, O.; BAVERA, G. A.; BEGUET, H.; PETRYNA, A. 2005. Crecimiento y desarrollo compensatorio. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía Veterinaria. 5 p. Consultado 14 set.2006. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/información\\_tecnica/exterior/11crecimiento\\_y\\_desarrollo\\_compensatorio.pdf](http://www.produccionbovina.com/información_tecnica/exterior/11crecimiento_y_desarrollo_compensatorio.pdf).
13. BORGES, M.; FRICK, F. 2002. Factores que afectan la fertilidad de vaquillonas Hereford y Brahman x Hereford en el servicio de 18 meses de edad. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 131 p.
14. COSTA, A. J.; MOREIRA, R.; SCARSI, M. A. 2007. Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnífera tercer año de evaluación, Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 107 p.
15. DAY, M. L.; IMAKAWA, K.; GARCIA-WINDER, M.; ZALESKY, D. D.; SCHANBACHER, B. D.; KITTOCK R. J.; KINDER, J. E. 1984. Endocrine mechanisms of puberty in heifers; estradiol negative feedback regulation of luteinizing hormone secretion. *Biology of Reproduction*. 31: 332-341.
16. DE CASTRO, T.; IBARRA, D.; VALDEZ, L.; LAPITZ, L.; BENQUET, N.; GARCIA LAGOS, F; FARRO, G.; LANZIERI, S. 2004. Does early weaning influence age at puberty in beef heifers? *In: International Congress on Animal Reproduction (15<sup>th</sup>, 2004. Porto Seguro. Brazil). Proceedings. Porto Seguro, s.e. s.p.*



17. DOW, J. S.; MOORE, J. D.; BAILEY, C. M.; FOOTE, W. D. 1982. Onset of puberty in heifers of diverse beef breeds and crosses. *Journal of Animal Science*. 55(5): 1041-1047.
18. FERNÁNDEZ ABELLA, D. H. 1993. Principios de fisiología reproductiva ovina. Montevideo, Hemisferio Sur. 247 p.
19. FERRELL, C. L. 1982. Effects of postweaning rate of gain on onset of puberty and productive performance of heifers of different breeds. *Journal of Animal Science*. 55(6): 1272-1283.
20. FOSTER, D. L.; YELLON, S. M.; OLSTER, D. H. 1985. Internal and external determinants of the timing of puberty in the female. *Journal of Reproduction and Fertility*. 1:327-344.
21. \_\_\_\_\_.; NAGATANI, S. 1999. Physiological perspectives on leptin as a regulator of reproduction; role in timing puberty. *Biology of Reproduction*. 60: 205-215.
22. FREETLY, H. C.; CUNDIFF, L. V. 1997. Postweaning growth and reproduction characteristics of heifers sired by bulls of seven breeds and raised on different levels of nutrition. *Journal of Animal Science*. 75: 2841-2851.
23. 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. 110 p.
24. GONZALEZ-PADILLA, E.; WILTBANK, J. N.; NISWENDER, G. D. 1975. Puberty in beef heifers. 1. The interrelationship between pituitary, hypothalamic and ovarian hormones. *Journal of Animal Science*. 40(6): 1091-1104.
25. GREGORY, K. E.; LASTER, D. B.; CUNDIFF, L. V. 1979. Characterization of biological types of cattle--cycle III; II. Growth rate and puberty in females. *Journal of Animal Science*. 49(2): 461-471.
26. HAFEZ, E. S. E. 1993. Reproducción e inseminación artificial en animales. 6ª ed. México, Interamericana- Mc Graw-Hill. 542 p.
27. HALL, J.B.; STRAIGMILLER, R. B.; SHORT, R. E.; BELLOWS, R. A.; MACNEIL, M. D.; BELLOWS, S. E. 1997. Effect of age and pattern of gain on induction of puberty with progestin in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 75: 1606-1611.

28. KINDER, J. E.; DAY, M. L.; KITOK, R. J. 1987. Endocrine regulation of puberty in cows and ewes. *Journal of Reproduction and Fertility*. 3(Suppl): 167-186.
29. KUNKLE, W. E.; SAND, R. S. 1993. Nutrition and management for the replacement heifer. *In*: Northwest Florida Beef Production Conference (1993, Gainesville). Proceedings. Quincy NFREC Extension Report. 93 (2): 49-57.
30. LASTER, D. B.; GLIMP, H. A.; GREGORY, K. E. 1972. Age and weight at puberty and conception in different breeds and breed-crosses of beef heifers. *Journal of Animal Science*. 34: 1031-1036.
31. \_\_\_\_\_; SMITH, G. M.; GREGORY, K. E. 1976. Characterization of biological types of cattle. IV. Post weaning growth and puberty of heifers. *Journal of Animal Science*. 43(1): 63-70
32. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E. 1979. Characterization of biological types of cattle (cycle II). II. Postweaning growth and puberty of heifers. *Journal of Animal Science*. 48(3): 500-508.
33. LUNA-PINTO, G.; CRONJÉ, P.B. 2000. The roles of insulin-growth factor system and possible mediators of the effects of nutritional restriction on age and compensatory growth in daily heifers. *South African Journal of Animal Science*. 30: 155-163.
34. LYNCH, J. M.; LAMB, G. C.; MILLER, B. L.; BRANDT, R. T.; COCHRAN, R. C.; MINTON, J. D. 1997. Influence of timing of gain on growth and reproductive performance of beef replacement heifers. *Journal of Animal Science*. 75: 1715-1722.
35. MORAN, C.; QUIRKE, J. F.; ROCHE, J. F. 1988. Puberty in heifers; a review. *Animal Reproduction Science*. 18: 167-182.
36. OLSON, T. A.; PEACOCK, F. M.; KOGER M. 1993. Reproductive and maternal performance of rotational, three breed, an inter se crossbred cows in Florida. *Journal of Animal Science*. 71: 2322-2329.
37. PATTERSON, D. J.; PERRY, R. C.; KIRACOFÉ, G. H.; BELLOWS, R. A.; STAIGMILLER, R. B.; CORAHG, L. R. 1992. Management considerations in heifer development and puberty. *Journal of Animal Science*. 70: 4018-4035.
38. PITTALUGA, O.; ROVIRA, J. 1968. Influencia del nivel nutricional pre-destete sobre el crecimiento y pubertad de terneras Hereford. *Boletín Técnico (EEMAC)*. 5(2): 68-78.

39. QUINTANS, G. 2002. Manejo de la recría vacuna en sistemas ganaderos. In: Seminario de Actualización Técnica (2002, Treinta y Tres). Cría y recría ovina y vacuna. Montevideo, INIA. pp. 47-56 (Actividades de Difusión no. 288).
40. \_\_\_\_\_. 2003. Efecto del manejo nutricional post-destete sobre el inicio de la pubertad en terneras cruce bajo pastoreo. In: Unidad Experimental Palo a Pique. Producción animal. Montevideo, INIA. pp. 19-27 (Actividades de Difusión no. 332).
41. \_\_\_\_\_. 2008. Recría vacuna: antecedentes y nuevos enfoques. In: Seminario de Actualización Técnica (2008, Treinta y Tres). Cría vacuna. Montevideo, INIA. pp. 53-55 (Serie Técnica no. 174).
42. REKWOT, P.I.; OGWU, D.; OYEDIPE, E.O.; SEKONI, V.O. 2000. The role of pheromones and biostimulation in animal reproduction. *Animal Reproduction Science*. 65: 157–170.
43. RODRIGUEZ, J. B. 2002. Bioestimulación; una alternativa para incrementar la productividad del rodeo de cría. In: Seminario de Actualización Técnica (2002, Treinta y Tres). Cría y recría ovina y vacuna. Montevideo, INIA. pp. 75-89 (Actividades de Difusión no. 288).
44. ROVIRA, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 288 p.
45. SHORT, R. E.; BELLOWS, R. A. 1971. Relationship among weight gains, age at puberty and reproductive performance in heifers. *Journal of Animal Science*. 32: 127-131.
46. \_\_\_\_\_.; RANDERL, R. D.; STAIGMILLER, R. B.; BELLOWS, R. A. 1979. Factors affecting estrogen-induced LH release in the cow. *Biology of Reproduction*. 21: 683-689.
47. SCHILLO, K. K.; HANSEN, P. J.; HAUSER, E. R.; DIERSCHKE, D. J. 1982. Regulation of luteinizing hormone secretion in prepubertal heifers; increased threshold to negative feedback action of estradiol. *Journal of Animal Science*. 54(2): 325-336.
48. \_\_\_\_\_.; HALL, J. B.; HILEMAN, S. M. 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *Journal of Animal Science*. 70: 3994-4005.
49. STAHRINGER, R. C. 2003. Anestro postparto y pubertad en bovinos de cría. (en línea). Colonia Benítez, INTA. 3 p. Consultado 14 abr. 2006. Disponible en

<http://www.inta.gov.ar/benitez/info/documentos/reprod/art/reprod23.htm>.

50. STEWART, T. S.; LONG, C. R.; CARTWRIGHT, T. C. 1980. Characterization of cattle of a five-breed diallel. III Puberty in bulls and heifers. *Journal of Animal Science*. 50 (5): 808-820.
51. STRAUMANN, J. M. 2006. Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnícera, primer año de evaluación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 99 p.
52. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. 2000. Censo general agropecuario 2000. Montevideo. Consultado 18 ago. 2008. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/Dica/CENSO2000/censo\\_general\\_agropecuario\\_2000.htm](http://www.mgap.gub.uy/Dica/CENSO2000/censo_general_agropecuario_2000.htm)
53. WILTBANK, J. N.; GREGORY, K. E.; SWIGER, L. A.; INGALLS, J. E.; ROTH LISBERGER, J. A.; KOCH, R. M. 1966. Effects of heterosis on age and weight at puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 25(3): 744-751.
54. \_\_\_\_\_; KASSON, C. W.; INGALLS, J. E. 1969. Puberty in crossbred and straightbred beef heifers on two levels of feed. *Journal of Animal Science*. 29(4): 602-605.
55. \_\_\_\_\_; ROBERTS, S.; NIX, J.; ROWDEN, L. 1985. Reproductive performance and profitability of heifers fed to weigh 272 or 318 Kg at the start of the first breeding season. *Journal of Animal Science*. 60(1): 25-34.
56. WILTBANK, M. C.; GUMEN, A.; SARTORI, R. 2002. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology*. 57(1): 21-53.
57. YELICH, J. V.; WETTEMANN, R. P.; DOLEZAL, H. G.; LUSBY, K. S.; BISHOP, D. K.; SPICER, L. J. 1995. Effects of growth rate on carcass composition and lipid partitioning insulin, and metabolites before puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 73: 2390-2405.
58. \_\_\_\_\_; WETTEMANN, R. P.; MARSTON, T. T.; SPICER, L. J. 1996. Luteinizing hormone, growth hormone, insulin-like growth factor-I, insulin and metabolites before puberty in heifers fed to gain at two rates. *Domestic Animal Endocrinology*. 13(4): 325-338.