

# **MONOGRAFÍA**

## **ESPECIALIDAD EN REPRODUCCIÓN BOVINA**

**Instituto de Reproducción Animal Córdoba. IRAC  
Facultad de Ciencias Agropecuarias-Escuela para graduados-  
Universidad Nacional de Córdoba**

**FACTORES QUE AFECTAN LA EDAD DE LLEGADA A  
LA PUBERTAD EN VAQUILLONAS**

**2010**

**María Virginia, Martínez Espeche  
Paula, Tríbulo**

## Introducción

La situación actual que atraviesa la ganadería exige lograr la mayor rentabilidad en la producción y para ello, es preciso lograr la máxima eficiencia reproductiva para asegurar el retorno económico, sabiendo que es uno de los principales factores determinantes para mejorar las ganancias. Para mejorar la eficiencia reproductiva es imprescindible aplicar medidas de manejo acordes a las necesidades de cada establecimiento, influenciadas por el medio ambiente y las condiciones pastoriles, cada vez más marginales, a las cuales se encuentran sometidos los bovinos. Uno de los problemas más comunes en rodeos manejados en condiciones pastoriles es la pubertad tardía, condición que es más grave aun en el ganado *Bos indicus* o cruza *Bos indicus* debido a las particularidades en el comportamiento reproductivo (Baruselli et al. 2009).

La edad del inicio de la pubertad en vaquillonas marca el comienzo de la vida reproductiva de los vientres, dicho momento muchas veces puede encontrarse retrasado e influenciado por diferentes factores, ya sea de origen externo o interno (Evans et al., 2009). Por un lado, conocer a qué edad inician la pubertad nuestros animales trae como beneficios brindar un servicio a las vaquillonas en el momento más oportuno. Por otro lado, modificando ese momento, siempre procurando adelantarlos, podríamos aumentar la vida útil de los vientres, acortar en el intervalo generacional y mejorar la genética del rodeo. En vaquillonas dedicadas a la producción de carne, la aparición precoz de la pubertad reviste especial importancia económica, ya que se ha demostrado que las vaquillonas que tienen su primer ternero alrededor de los 2 años de edad, producen más terneros en su vida que aquellas que los tienen a los 3 o más años (González Padilla, 1991). Además, un retraso en la ocurrencia de la pubertad puede impedir que el vientre de reposición quede preñado en esa temporada de servicio, lo que obliga a su permanencia en el campo como animal improductivo hasta el próximo período de servicio (Stahringer, 2003).

Desde la fisiología, la edad de la primera ovulación en el ganado es bastante variable (Kinder et al., 1995) y sería útil adelantar el momento de la primera ovulación para tener varios ciclos antes del primer servicio, ya que la fertilidad aumenta a medida que ocurren ciclos después de la primera ovulación puberal (Byerley et al. 1987). Como beneficio a largo plazo podemos aumentar la fertilidad de la hacienda, si dejamos como reposición de los vientres, aquellas hembras que presenten en forma precoz el inicio de la pubertad.

El objetivo principal de este trabajo es investigar acerca de los factores que afectan la llegada a la pubertad, focalizándonos puntualmente en la endocrinología de las terneras pre-púberes.

Realizaremos una revisión bibliografía desde el año 1968 hasta la actualidad. El material ha sido buscado en la biblioteca del IRAC y en Internet.

En este trabajo mencionamos algunos de los factores que afectan la llegada a la pubertad. Luego de mencionar los más estudiados hasta el momento, nos enfocamos en el efecto de la endocrinología temprana de las terneras, sobre el inicio de la pubertad.

## Mecanismos endocrinos de la pubertad

Para comenzar deberíamos definir ciertos conceptos, como pubertad en la hembra, que es un período dentro del desarrollo sexual, el cuál inicia con la primera ovulación (acompañada o no de manifestaciones de celo) y termina una vez adquirida la ciclicidad, en la que ciclos estrales con manifestaciones externas de celo y ovulación se suceden a intervalos regulares. Mas estrictamente, el inicio endocrino de la pubertad podría establecerse en el primer pico preovulatorio de LH. Todos los acontecimientos previos, endocrinos y anatomofuncionales, que conllevan a este evento, constituyen el periodo prepuberal, mientras que los que se producen después forman parte del periodo puberal (Tortonese, 1986).

El inicio de la pubertad depende principalmente de la madurez del eje hipotalámico adenohipofisario, y en menor medida de la capacidad de la hipófisis para producir gonadotrofinas y de la sensibilidad ovárica (Hafez, 2000). De hecho, el hipotálamo es el lugar primario de cambio durante la transición hacia la madurez sexual (Evans, 1994, Stahringer, 2003). Comprender los factores que regulan la función de la hipófisis e hipotálamo durante el periodo prepuberal, y cómo estos cambios preparan la primera ovulación en hembras, es la clave para entender los acontecimiento del desarrollo prepuberal (Evans, 1994).

Se ha descrito que en vaquillonas prepuberales, el hipotálamo es extremadamente sensible a la inhibición de LH por retroalimentación negativa del estradiol (Wiltbank et al. 2003). Evans et al. (1994) observaron que entre las 4-12 semanas de vida existe una fuerte inhibición opioidea sobre la secreción de gonadotrofinas. Aparentemente la inhibición opioidea comienza inmediatamente después del nacimiento. Luego de la 4 semana comienza a disminuir, hasta llegar a un mínimo a las 32 semanas de vida. En las Figuras 1, 2, 3 y 4 se presentan gráficos de estos patrones endócrinos, en los cuales se denotan los picos positivos y negativos a lo largo de la vida de las terneras, y vaquillonas prepuberes.

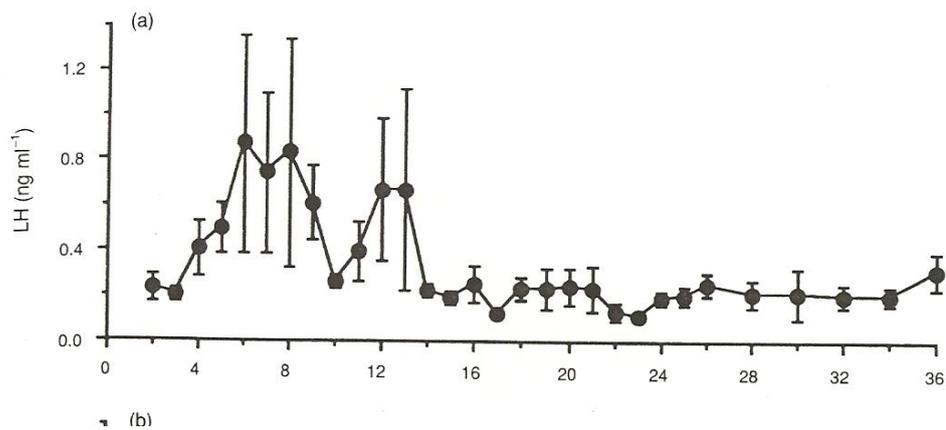


Figura 1, Concentraciones plasmáticas de LH desde el nacimiento hasta las 36 semanas de vida en terneras Hereford (Evans et al., 1994).

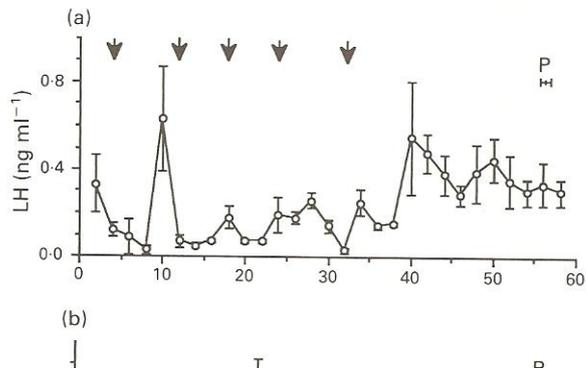


Figura 2, Concentraciones plasmáticas medias de LH desde el nacimiento hasta las 60 semanas de vida en terneras Hereford (Evans et al., 1994). Las flechas indican el momento en el que se realizó el muestreo durante el periodo de tratamiento.

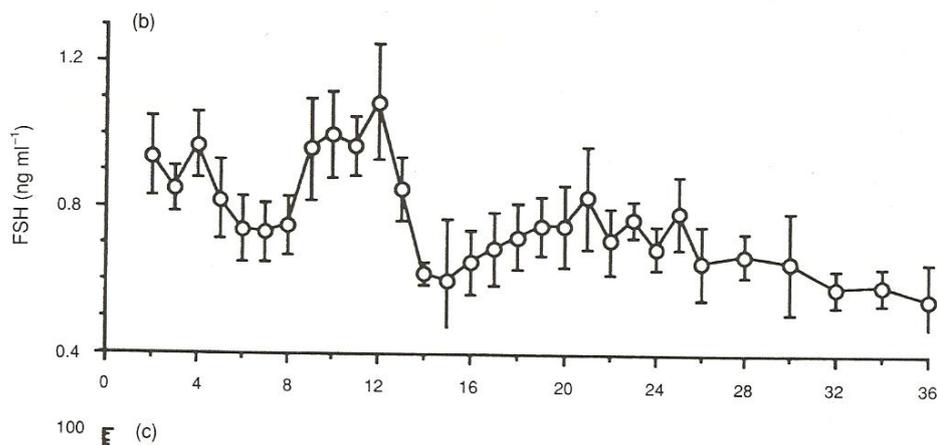


Figura 3, Concentraciones plasmáticas de FSH desde el nacimiento hasta las 36 semanas de vida en terneras Hereford (Evans et al., 1994).

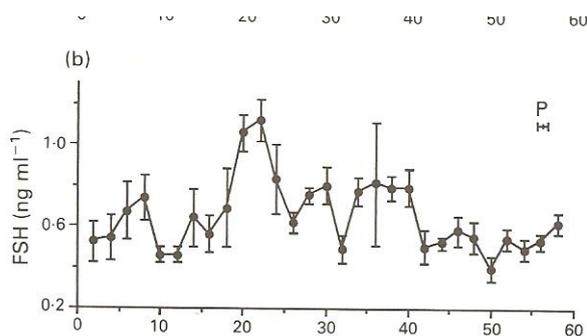


Figura 4, Concentraciones plasmáticas medias de FSH desde el nacimiento hasta las 60 semanas de vida en terneras Hereford (Evans et al., 1994).

En el inicio de la pubertad aumentan las concentraciones circulantes de gonadotrofinas, debido al aumento tanto de la amplitud como de la frecuencia de los pulsos periódicos de tales sustancias (Hafez, 2000). Entonces a medida que se acerca el momento de la pubertad, el estradiol circulante continuo se vuelve menos inhibitorio para los pulsos de LH, y, consecuentemente, la LH circulante se eleva (Wiltbank et al. 2003). Esto, explica Hafez (2000), se debe a los esteroides sexuales y, posiblemente, a un aumento en la reactividad de la hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH), secretada por el hipotálamo para regular las gonadotrofinas. Por lo tanto en animales prepuberales las bajas cantidades de estradiol, posiblemente proveniente del folículo

después de la divergencia, son extremadamente inhibitorias para los pulsos de LH, probablemente mediante la disminución de los pulsos de GnRH (Wiltbank et al. 2003).

La maduración del hipotálamo resulta de una disminución del sistema de retroalimentación negativa del estradiol, que lleva a un aumento de la frecuencia de liberación de los pulsos de la hormona luteinizante (LH) (Stahringer, 2003).

A medida que se acerca el momento del inicio de la ciclicidad, la hembra prepúber responde a la secreción pulsátil de gonadotropinas secretando estrógenos de manera gradual (Hafez, 2000). Stahringer (2003) relata que el aumento del número de pulsos de LH por hora durante la maduración sexual es el principal factor endocrino que regula el inicio de la pubertad en vaquillonas. Asimismo, este incremento favorece el desarrollo de los folículos ováricos y consecuentemente los niveles de estradiol. Esa frecuencia de pulsos de LH resulta en la descarga preovulatoria de LH (Hafez, 2000).

La primera ovulación en la pubertad puede o no estar acompañada de comportamiento estral, lo que se denomina ovulación silenciosa, esto también ocurre en la primera ovulación posparto en la vaca (Bó, 2004). Esto se debe a la falta de concentraciones previas de progesterona (P4) que sensibilizan los centros superiores, permitiendo que los altos niveles de estradiol induzcan el comportamiento estral (Castro et al. 2002). A su vez Adams et al., 1994, en un trabajo en el que monitoreó vaquillonas pre púberes, observó que el primer ciclo fue corto y que la ovulación ocurrió después que el folículo dominante entrara en la fase estática, es decir que este folículo es relativamente más viejo que el de un hembra cíclica, donde el folículo preovulatorio se encuentra aún en la fase de crecimiento en el momento de la ovulación. El primer cuerpo lúteo (CL) fue más pequeño y su vida más corta que en los ciclos subsiguientes. Se cree fuertemente que el CL del ciclo corto, que secreta menos P4, es funcionalmente deficiente (Bó, 2004).

La ocurrencia de estos ciclos cortos puede estar relacionada con la necesidad de exposición previa a la progesterona para preparar a los folículos para que generen CL completamente funcionales, o a la regulación del momento de liberación de prostaglandina F2 $\alpha$  (PGF2a) endógena (Castro et al., 2002)

Cabe aclarar que la estimulación gonadotrófica de un ciclo corto parece ser normal y no es una limitante de su desarrollo (Bó, 2004). Una teoría propuesta por Bó (2004), relaciona al CL del ciclo corto con la exposición a niveles elevados de P4. Aparentemente esta exposición a P4 sería prerequisite para una expresión normal del celo y para una fase luteal normal. Por lo tanto, la exposición a P4 exógena seguida por su declinación (priming de P4), parece ser necesaria para

una diferenciación normal de las células de la granulosa y el desarrollo post ovulatorio del CL. Este mecanismo involucra el efecto del incremento de la frecuencia de los pulsos de LH sobre la producción de estrógenos foliculares, desarrollo de los receptores de LH y luteinización.

Comparando nuevamente a la vaquillona con lo que ocurre en la vaca posparto, Bó (2004) relata que en los primeros 15 días posparto el contenido de GnRH del hipotálamo en estos animales es normal, pero la adenohipófisis es menos sensible a la acción de la GnRH. Se dice que la hembra ha superado la inhibición inducida por la gestación cuando es capaz de liberar a la circulación general la máxima cantidad de LH en respuesta a una dosis de GnRH, lo mismo ocurriría en las vaquillonas (Bó, 2004). La primera fase de la recuperación posparto como detalla Bó (2004), consiste en la recuperación de las reservas de LH hipofisaria y no está influenciada por la succión. Con respecto a la FSH ha quedado demostrado que sus niveles aumentan entre los 2 a 7 días después del parto y este aumento estimula el desarrollo de la primera onda folicular, lo que demuestra que la misma no es la hormona limitante de la ciclicidad. La segunda fase está relacionada con un aumento de la sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa de estrógeno. Para que la ovulación tenga lugar, el folículo dominante debe estar expuesto a la correcta frecuencia de pulsos de LH, de lo contrario resultará en una baja producción de andrógenos por las células tecaes y consecuentemente una baja cantidad de estrógenos serán producidos por las células de la granulosa (Evans, 2009). Con una baja producción de estrógenos, éstos no llegarán a los niveles críticos que desencadenan el pico preovulatorio de LH y el folículo dominante comienza a regresar, dando lugar al crecimiento de una nueva onda folicular. La ovulación ocurrirá cuando los pulsos de LH aumentan a aproximadamente un pulso cada 40-60 minutos, con esta alta frecuencia se estimula una máxima producción de estradiol que por feed-back positivo sobre el hipotálamo desencadenan el pico preovulatorio de LH y FSH (Bó, 2004). Stahringer (2003) explica que una vez llegada la pubertad, todos los componentes del eje hipotálamo-hipófisis-ovárico están en funcionamiento adecuado para permitir la expresión de los ciclos estrales. También relata Stahringer (2003), que existen algunos factores que pueden influenciar en el incremento puberal de la liberación de LH, como: el genotipo, el género, la estación del año de la entrada a la pubertad, crecimiento o nivel nutricional, interacciones sociales o tratamiento con progestágenos. La maduración sexual continua luego de la pubertad con un aumento de la probabilidad de preñez que ocurre por las acciones de los esteroides ováricos sobre el útero (Stahringer, 2003).

## Gametogénesis y Dinámica folicular

Los primeros folículos antrales aparecen antes del periodo prepuberal. Sin embargo, el desarrollo folicular completo, reinicio de la meiosis de los ovocitos y la ovulación solo se observan cuando la FSH y la LH han alcanzado los perfiles de la hembra adulta (Hafez, 2000).

La función ovárica y la biología celular de la foliculogénesis en las terneras prepúberes y peripúberes evidencia un patrón de crecimiento folicular en ondas como un incremento periódico del número de folículos detectados, en relación inversa al diámetro del folículo más grande (Bó, 2002). De la misma manera, Evans et al., 1994 en una serie de estudios de la función ovárica en terneras prepúberes obtuvieron imágenes mediante ecografía transrectal del ovario y luego testaron la hipótesis de que el crecimiento de los folículos ováricos se desarrolla en ondas similares a los adultos. Se monitorearon a terneras por ecografía durante un periodo de 12 semanas, previo a la primera ovulación y luego durante su primer ciclo estral y las subsecuentes ondas foliculares. Las ondas foliculares que detectaron fueron similares a las anteriormente observadas, mientras que el primer ciclo estral duro solo 7 días. En una revisión, Bó (2002), reporto una serie de trabajos en los que las ondas de desarrollo folicular, fueron vistas a todas las edades y en todas las vaquillonas, el primer ciclo ovulatorio fue corto ( $7,7 \pm 0,2$  días). Del mismo modo que en el bovino sexualmente maduro, se pueden caracterizar 3 fases de desarrollo: fase de crecimiento, fase estática y de regresión (Adams y Brogliatti, 1996). También como en la vaca adulta, se observaron picos periódicos en las concentraciones de FSH que estuvieron relacionados con la dinámica de las ondas foliculares es decir que cada onda está precedida de un incremento de FSH sérica (Adams y Brogliatti, 1996).

La primera ovulación ocurrió antes que el folículo dominante entrase en la fase estática, esto quiere decir que este folículo dominante fue máximo y más viejo que sus predecesores (Adams et al., 1994, en las vaquillas prepúberes el folículo dominante ovulatorio se encuentra todavía en la fase de crecimiento en el momento de la ovulación. También observaron Adams y Brogliatti (1996), que el CL formado fue significativamente menor en tamaño y tuvo una vida media más corta que los subsiguientes CL. Bó (2002), reporto que los ciclos no se correspondían con ciclos “normales” de 17 a 23 días, sino que fueron más cortos lo que determino un intervalo interovulatorio menor. El segundo intervalo interovulatorio fue normal en duración ( $20,3 \pm 0,5$  días) y fue compuesto por dos o tres ondas foliculares (Bó, 2002). La concentración sérica de

estradiol y LH, así como los pulsos de LH, se incrementaron a partir de la primera ovulación, no así la FSH que se mantuvo en sus niveles anteriores.

En el trabajo donde Evans et al., (1994) caracterizó el desarrollo folicular y hormonal en terneras entre las 2 y 36 semanas de edad, destacó que además de que el desarrollo folicular ocurrió en forma de ondas en todas las edades, los diámetros del folículo dominante y de los subordinados grandes incrementaron con la edad. La mayor tasa de crecimiento se observó desde la segunda a la octava semana de edad (0,28 mm por semana) y nuevamente entre las semanas 24 y 34 (0,17 mm por semana). El número de folículos detectados (> 4 mm de diámetro) se incrementó marcadamente entre las semanas 8 y 14 de edad. Detectó además un aumento temprano en las concentraciones de LH y FSH circulante entre las semanas 4 y 14, probablemente responsable del incremento en el número y en el tamaño de los folículos (Figura 1). Para resumir se puede indicar, que la composición de las ondas foliculares anovulatorias fueron muy similares en las terneras prepúberes y en los animales maduros, difiriendo sólo en la magnitud, no en esencia (Bó, 2002).

Otros autores como Wiltbank et al., (2003), describen una condición que parece ocurrir en todas las vacas durante el periodo prepuberal y comúnmente ocurre en el periodo posparto en vacas lecheras en lactancia y en vacas de carne con cría al pie. Hablan de una anovulación con crecimiento folicular hasta la selección pero sin alcanzar el tamaño ovulatorio. Los signos característicos que describe el autor de esta condición, son ovarios pequeños debido a la ausencia de CL o folículos de tamaño ovulatorio. Sin embargo, ecografías diarias de los folículos pequeños de estas vacas anovulatorias muestran que el crecimiento folicular continúa en un patrón de onda folicular. Demostraron también los mismos autores, que la dinámica folicular de la condición prepuberal tiene folículos que crecen más allá del punto de selección (~8,5 mm de diámetro) y se desvían en el índice de crecimiento de los folículos subordinados de la onda. A medida que se acerca la pubertad, el índice de crecimiento y el tamaño máximo del folículo dominante aumenta hasta alcanzar un tamaño suficiente y con concentraciones de estradiol circulante como para producir un pico de GnRH/LH y la ovulación (Wiltbank et al., 2003). La fisiología detrás de la anovulación con crecimiento folicular hasta la selección pero sin alcanzar el tamaño ovulatorio, explicada por Wiltbank et al.,(2003), dice que podría ser similar para vaquillonas prepuberales, animales subalimentados y vacas posparto.

## **Factores que afectan la llegada a la pubertad**

Los factores que influyen en la llegada a la pubertad son tanto genéticos como ambientales. Otra manera de clasificarlos para su estudio es en: factores intrínsecos y extrínsecos. Entre los primeros se destacan el tipo racial, la edad, y el peso. Entre los segundos los más importantes son la condición corporal y ganancia de peso. También la temperatura ambiente, el fotoperiodo, la época del año y la presencia del macho.

Joubert (1963) considera que la edad cronológica y el peso corporal tienen una considerable importancia ya que en condiciones ambientales y nutricionales desfavorables, la manifestación del primer estro podría estar retrasada en mayor o menor grado debido a la interacción entre los distintos factores. Otros autores, como Foster y Ryan (1979) plantean que también el tamaño corporal, la edad y la estación son determinantes en el inicio del proceso puberal.

A pesar de la gran interacción de los múltiples factores que afectan la llegada a la pubertad, y de la dificultad de determinar el impacto de cada uno de ellos y evaluar su acción individualmente, haremos una descripción de al menos los más estudiados.

### **Genéticos**

Con respecto a los factores genéticos, evidentemente, hay una variación tanto racial como individual debido a esto. En cuanto a la variación racial, en general se asume que los *Bos taurus* son más precoces que los *Bos indicus*, así como que la pubertad se retrasa con las cruzas consanguíneas y se acorta mediante las cruzas entre razas. A su vez, las razas pequeñas lo logran antes que las grandes, de lenta maduración (Araujo Guerra, 2004). Otro ejemplo claro del impacto genético es la correlación negativa entre la circunferencia escrotal del padre y la edad a la pubertad de las hijas (Bavera 2000).

Vale aclarar que existe una gran interacción entre lo genético y lo ambiental, por lo que sin condiciones ambientales óptimas, el potencial genético no termina de expresarse.

### **Alimentación y Peso Corporal**

El nivel nutricional es probablemente el factor más importante (González Padilla, 1991), quizá por la posibilidad de manejarlo. La magnitud de sus efectos está sujeta a una edad mínima para que el sistema reproductivo este apto para responder a los estímulos (Barcellos, 2003). En este

sentido, generalmente se habla de peso y edad mínima necesaria para que una determinada raza sea susceptible de alcanzar la pubertad (Araujo Guerra, 2004).

La calidad de la nutrición modela la pubertad a través del crecimiento (peso-edad), es decir, la sobrealimentación logra la pubertad a edad más temprana. Por otro lado si el ritmo de crecimiento se reduce por subalimentación (Hafez, 2000) la edad al primer estro se retrasará (Joubert, 1963).

También la alimentación modela la pubertad a través de la expresión génica. Una nutrición adecuada, se traduce en la expresión del potencial genético de todos los parámetros a medir.

Finalmente, se debe tener en cuenta que tanto la subalimentación como la sobrealimentación traen efectos perjudiciales (Milhura y Casaro, 2004). En vaquillonas cíclicas se ha evidenciado que la subnutrición reduce el desarrollo folicular ovárico, la función del CL y los niveles de P4 cuando se extiende a la longitud de uno (Hill et al., 1970) o tres (Gombe y Hansel, 1973) ciclos estrales.

Evidentemente, el grado de nutrición afecta a la tasa de crecimiento y consecuentemente, el grado de desarrollo de los centros reguladores de la reproducción (Araujo Guerra, 2004 y Diskin et al. 2003). De hecho está descrito que la secreción pulsátil de LH durante el período prepúber, se ve afectada por el grado de nutrición, incrementándose en los animales alimentados con altos niveles nutricionales con respecto a los de alimentación restringida, y en consecuencia la primera ovulación se retrasa por el efecto inhibitor en la descarga de gonadotropinas (Araujo Guerra, 2004). Para lograr un buen ritmo de crecimiento Milhura y Casaro (2004) consideran que se debe alcanzar una tasa de ganancia diaria de 500 a 700 gramos.

El peso corporal es un elemento importante para predecir cuándo las vaquillonas alcanzarán la pubertad (Barcellos, 2003) por lo tanto, describe Hafez (2000) el inicio de la ciclicidad se relaciona más estrechamente con el peso corporal que con la edad. Varios autores (Hafez, 2000; Barcellos, 2003; Milhura y Casaro, 2004) realizaron ensayos para determinar el porcentaje de peso de adulto que debían alcanzar las vaquillonas para entrar en pubertad, observando que los rangos son bastante amplios.

El peso y otros caracteres nutricionales como la ganancia diaria de peso, el estado corporal, entre otros, han sido considerados como factores causales preponderantes en el desencadenamiento de la pubertad. Indudablemente el peso, como parámetro revelador del grado de desarrollo en un animal en crecimiento, debe ejercer un efecto sobre los mecanismos que regulan la pubertad en la hembra (Tortonese, 1986). Al igual que como sucede con la edad, el peso a la pubertad

presenta una considerable variación y oscila, por lo tanto, dentro de márgenes bastante amplios (Tortonese, 1986).

Quintans et al. (2004) estudiaron el efecto del manejo invernal en la llegada a la pubertad de vaquillonas de carne bajo condiciones pastoriles. Sus resultados denotan el impacto de la nutrición en el periodo prepuberal, ya que aquellas terneras que entre sus 13 y 36 semanas de vida recibieron subalimentación sobre pasturas naturales demoraron la llegada a la pubertad. Esto es consistente con los datos obtenidos por este mismo grupo en el 2008, por lo que ellos consideran que la ganancia de peso es un buen predictor para estimar la fertilidad de las vaquillonas, a través de la ciclicidad ovárica, al primer servicio.

### ***Momento de destete***

De Castro et. al (2004) realizaron un experimento para evaluar si el momento de destete influye en la edad y peso a llegada a la pubertad en vaquillonas de razas británicas. El grupo tratamiento fue destetado a los 2 meses de edad, y el grupo testigo fue destetado a los 6 meses de edad. A pesar de observar un peso menor en el grupo tratamiento entre los 4 y 10 meses de edad, no hubo diferencia en el momento de llegada a la pubertad. Ellos concluyeron que la llegada a la pubertad no fue influenciada por el destete, pero que el manejo y el ambiente en el que se recrían las terneras desde ese momento y durante todo el periodo prepuberal, tendrían mucho impacto. Vale aclarar que esto último no fue evaluado en este trabajo, porque el único grupo destetado recibió óptimas condiciones de manejo y nutricionales.

### ***Factores climáticos y del medio ambiente***

La hembra bovina es un animal poliestrico anual, por lo que la regularidad y continuidad de sus ciclos estrales no estarían afectadas, teóricamente, por las variaciones climáticas. Sin embargo Dow et al. (1982) advierten, que en adición al sistema de manejo y al nivel de nutrición, los factores climáticos podrían influenciar la actividad reproductiva en vaquillonas. La pubertad en esta especie está afectada por la exposición diaria a la luz (Mahone et al., 1979) y existe una relación entre la fecha de nacimiento y la edad a la pubertad (Menge et al., 1960 y Schillo et al., 1983).

La estación del año en que nace una ternera ha sido estudiada como otro factor ambiental que afecta la aparición de la pubertad, aunque en muchas ocasiones el efecto de estación está confundido con la alimentación, debido a la producción estacional de forrajes (González Padilla, 1991). El fotoperiodo y la estación del año están estrechamente relacionados, por lo que numerosos estudios fueron conducidos con el objeto de dilucidar la posible acción que, la estación del nacimiento, la cantidad de horas luz diaria y la temperatura durante el desarrollo sexual, pudieran tener sobre el desencadenamiento de la pubertad (Greer, 1984). Se ha comprobado que el incremento de la cantidad de luz diaria adelanta la edad de aparición de la pubertad, existen evidencias limitadas que sugieren que la melatonina y la glándula pineal, están involucradas produciendo un estímulo que influye en las señales de la secreción de LH (Araujo Guerra, 2004). Dahl et al, concluyeron que si bien el fotoperiodo puede influir sobre la reproducción de vacas maduras, por ejemplo el retorno a la ciclicidad es menor en vacas que han parido en invierno que en aquellas que lo han hecho en verano; los efectos reproductivos del fotoperiodo mas importantes sobre la hebra bovina, están asociados con el inicio de la pubertad. También se evidencio que las terneras con mayores horas de exposición de luz alcanzan la pubertad en forma más temprana, el patrón circadiano de melatonina afectaría la maduración del eje hipotálamo-hipofisiario-ovárico.

Arije y Wiltbank (1971) evidenciaron que el día del nacimiento tuvo efecto significativo sobre la edad y el peso a la pubertad en vaquillonas. Por otra parte, Gross et al. (1982) observaron que las condiciones climáticas invernales pueden retrasar el inicio de la actividad ovárica cíclica. Schillo et al., 1983, encontraron que las condiciones ambientales durante los primeros 6 meses de vida influenciaron la edad de la pubertad de modo diferente que las condiciones en los segundos 6 meses, independientemente de la estación en la cual la ternera había nacido. Específicamente, las vaquillonas expuestas a temperatura y fotoperiodo que imitan primavera/verano alcanzaron la pubertad más tempranamente que aquellas expuestas a condiciones ambientales similares a las de otoño/invierno.

La temperatura ambiente también afecta la actividad reproductiva. Plasse et al. (1968) sugirieron que la temperatura (principalmente la mínima) podría ser uno de los factores que controlan la variación estacional en la tasa de ovulación de animales Brahman; estos autores reportaron que bajas temperaturas reducen la incidencia de manifestación de estro y de CL en vaquillonas de esta raza cuando la temperatura cae por debajo de 16°C. Del mismo modo relata Hafez (2000) que las condiciones de invierno durante el periodo prepuberal retrasa la pubertad

Finalmente, se han postulado algunos otros factores ambientales que podrían afectar el inicio de la pubertad. Izard y Vandenberg (1982) mencionaron que la orina del toro podría contener feromonas que aceleran la consecución de la pubertad en vaquillonas, ellos sugirieron que en animales con edades y pesos próximos a los que normalmente se alcanza la pubertad, la orina del macho podría causar una elevación de los niveles de gonadotropinas seguida de secreción de esteroides gonadales. En este mismo sentido, Oliveira et al. (2004) comprobaron que la exposición de vaquillonas nelore prepuberes a machos maduros, adelanta la pubertad e incrementa las preñeces precoces de las mismas. Estos datos son consistentes con los obtenidos por Roberson et al. (1991). Sin embargo Tribulo et al., (2008) no encontraron un adelantamiento de la pubertad en vaquillonas que estuvieron expuestas a toros vasectomizados por 30 días antes del inicio de un programa de sincronización para inseminación artificial a tiempo fijo.

## **Endocrinología de las terneras prepuberes durante hasta las primeras semanas de vida (periodo prepuber temprano)**

Se realizó una serie de estudios sobre la función ovárica y la endocrinología pre puberal (Evans, et al., 1994). El objetivo de este trabajo fue documentar el incremento circulante de gonadotrofinas, y estudiar el rol de los opioides endógenos en la llegada temprana a la pubertad y en los cambios de la secreción de gonadotrofinas. En terneras desde la 10 a 22 semanas de edad hay un incremento en las concentraciones de gonadotrofinas circulantes que estimulan la actividad folicular. También se observó que los ovarios de las vaquillonas pre-púberes son funcionales antes del inicio de la ciclicidad, ya que hubo respuesta superovulatoria en vaquillonas de 4 y 8 semanas de edad lograda con GnRH y gonadotrofinas exógenas.

Por un lado, muchos autores suponen la existencia de inmadurez hipotalámica en las vaquillonas pre-púberes. Por otro lado, Evans et al. (1994) quisieron comprobar si realmente se trata de una inmadurez o si -el eje hipotalámico hipofisario esta suprimido. Los resultados que obtuvieron tienden a indicar que los opioides suprimen un hipotálamo funcional. Aparentemente los opiodes suprimen la secreción de gonadotrofinas en el periodo posnatal temprano, luego en el periodo pre puberal, la supresión es causada por un fuerte feed back negativo generado por el estradiol, mediante una ruta que no involucra a los opioides.

A pesar de no conocerse los mecanismos de regulación opioide, se proponen dos teorías; acción a nivel de los centros altos del cerebro que controlan la reproducción o generación de un feed

back a nivel sistémico con efectos en las áreas hipotalámicas que producen GnRH. Finalmente concluyeron que mediante la disminución de la inhibición de opioides endógenos se puede lograr un pico temprano y transitorio de LH.

Dodson et al. (1989) estudiaron los mecanismos inhibitorios de origen ovárico sobre la secreción de gonadotrofinas. Para esto ovariectomizaron terneras de 2, 6 y 12 semanas de edad. Los resultados sugirieron que estos mecanismos supresores se desarrollan entre la segunda y las doce semanas de edad. Además de evaluar los perfiles hormonales luego de la cirugía, se compararon pesos corporales, pesos ováricos, diámetro promedio de los cuatro folículos mayores, volumen de fluido folicular, concentración de estradiol de dichos folículos y niveles plasmáticos de gonadotrofinas el día previo a la cirugía. En todos estos parámetros, hubo un incremento con la edad. Sin embargo, no encontraron diferencias significativas en los dos últimos, así como tampoco en la cantidad total de folículos en los distintos ovarios.

Con respecto a la respuesta a la ovariectomía, se observó que en las vaquillonas de 2 semanas de edad, el aumento de gonadotrofinas se demora hasta los 14 días. Mientras que los otros dos grupos, presentaron un aumento plasmático de LH y FSH a partir -de los 4 días de la intervención quirúrgica. Otra diferencia marcada fue la del perfil gonadotrófico a lo largo del experimento. En los grupos de vaquillonas castradas a las 2 y 6 semanas de edad, tanto la LH como la FSH, aumentaron hasta los 110 días pos ovariectomía; mientras que las otras el aumento se dio hasta el día 55, y luego las concentraciones decrecieron a niveles basales, por razones aún no conocidas. Sin embargo, una posible explicación podría ser un cambio en la respuesta de la hipófisis a la GnRH, consecuente a una continua exposición a alta frecuencia de pulsos de GnRH que genera niveles elevados de gonadotrofinas circulantes, o una maduración del eje hipotalámico-hipofisiario que coincide con el momento fisiológico de llegada a la pubertad.

## **Endocrinología vaquillona en el periodo prepuber tardío**

Como se ha descripto anteriormente, la primera ovulación en la pubertad generalmente genera un ciclo corto. Consecuentemente el primer CL es más pequeño y su vida más corta que en los ciclos subsiguientes. La ocurrencia de estos ciclos cortos puede estar relacionada con la necesidad de exposición previa a la P4 para preparar a los folículos para que generen CL

completamente funcionales, o a la regulación del momento de liberación de PGF2a endógena (Castro et al., 2002). Tríbulo et al. (2008) estudiaron cómo incide el priming de progesterona en el adelanto de la ciclicidad en vaquillonas de razas sintéticas. También evaluaron cuál era el momento óptimo para la realización de dicho priming. El priming consistía en colocar un dispositivo intravaginal con progesterona durante 8 días, y 1 mg. de benzoato de estradiol al retiro del mismo. Evaluaron 3 grupos, el control, que no recibió tratamiento, el 40 días, y el 20 días, cuya diferencia era que el primero recibió el tratamiento 40 días preservicio, mientras que el último lo hizo 20 días antes del inicio de los servicios. Ellos encontraron que el priming mejora la ciclicidad, y más aún cuando se realiza 40 días antes.

## **Discusión**

De lo analizado, pudimos ver que el período desde el nacimiento a la pubertad es una etapa clave, que además de condenar el futuro de esa hembra, significa un impacto productivo y económico importante.

Hay una interacción multifactorial que afecta a las vaquillonas en su desarrollo puberal. Además, observamos que algunos de los factores que hemos analizado, nos permiten intervenir para mejorar los índices productivos y económicos del sistema de producción. A pesar de la imposibilidad de controlar cada uno de estos factores por su múltiple interacción, se puede actuar sobre algunos de ellos logrando resultados beneficiosos, principalmente adelantando la llegada de la pubertad.

En la ejecución de este trabajo, percibimos una falta de información local (porque a nivel internacional hay mucho) acerca de estos temas, especialmente en comparación con muchos otros cuyo objetivo es también mejorar los índices del sistema, quizás porque su impacto económico es a largo plazo. Consideramos que esta falencia se condice con la realidad productiva de nuestro país, y que sería muy interesante promover el estudio de la recría de hembras, que será la unidad productiva del sistema por mucho tiempo.

Finalmente, creemos interesante complementar los trabajos relacionados a la endocrinología temprana de las terneras, probando estimularla con hormonas exógenas en busca de un adelanto de la llegada a la pubertad como respuesta.

## Bibliografía

**Adams G.P. y Brogliatti G.M.** 1996. La función ovárica en las terneras prepúberes y peripúberes. Resumen del II Simposio Internacional de Reproducción Animal. Carlos Paz, Córdoba, Argentina. 13-22.

**Araujo Guerra A.** 2004. Pubertad en la hembra bovina. Facultad de Ciencias Agrarias, Programa de Zootecnia, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. CEAD Valledupar, Colombia.

<http://www.vet-uy.com/articulos/articbov/100/0053/bov053.htm>

**Arije G.F. and Wiltbank J.N.** 1971. Age and weight at puberty in Hereford heifers. J. Anim. Sci. 33:401.

**Barcellos J.** 2003. Cuando proceder al entore, El importante rol de la nutrición en la crianza de vaquillonas. Resumen de la Primera Jornada del Segundo Congreso Mundial de Braford.

<http://www.territorioidigital.com/Productivo/CongresoBraford/Index.asp>

**Baruselli Pietro S., Sales Jose Nelio S., Crepaldi Gabriel A. and Sa Filho Manoel.** 2009. Introducción de ciclicidad en vaquillonas cebú y sus cruzas. Resumen del VIII Simposio Internacional de Reproducción Animal. Córdoba, Argentina

**Bavera G. A.** 2000. Factores que afectan la pubertad. Curso de Producción Bovina de Carne. Cap. V. FAV UNRC.

<http://www.produccionanimal.com.ar>

**Bó G.A.** 2004. Bases fisiológicas y manejo del anestro posparto en la vaca de cría. Memorias de “Segundas Jornadas Taurus de reproducción bovina, Herramientas para brindar un servicio profesional calificado”. Revista Taurus la revista de reproducción animal. Ediciones Taurus. Buenos Aires, Argentina. 7-19.

**Bó G.A., Alonso A., Carcedo J.y Caccia M..** 2002. Actualización sobre fisiología de la reproducción de la vaca. Instituto de Reproducción Animal Córdoba. Córdoba, Argentina. 66-75.

**Byerler DJ, Staigmiller RB, Berardinelli JG and Short RE.** 1987. Pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus. Journal of Animal Science 65:645-650

**Dahl G. E., Auchtung T. L. and Kendal P. E.** 2001. Efecto del fotoperiodo sobre el crecimiento, la reproducción y la sanidad de la vaca de tambo. Resumen IV Simposio Internacional de Reproducción Animal. Córdoba, Argentina.

**De Castro T., Ibarra D., Valdez L., Rodríguez M., García Lagos F., Benquet N. y Rubianes E.** 2002. Medidas para acortar el anestro posparto en la vaca de cría. Departamento de Reproducción Animal y de Bovinos, Facultad de Veterinaria; Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica. Programa de capacitación Red Técnica CIAVT en cría. Memorias de la 3° Reunión Técnica-Comercial. 6-11.

**De Castro T., Ibarra D., Valdez L., Lapitz L., García Lagos F., Benquet N, Farro G. y Lanzieri S.** 2004. Does early weaning influence age at puberty in beef heifers? 15<sup>th</sup> International Congress in Animal Reproduction Vol.1:21

Dodson S.E., McLeod B.J., Haresign W., Peters A.R, Lamming G.E., y Das D. 1989. Ovarian control of gonadotrophin Secretion in the prepubertal heifer. *Animal Reproduction Science*. 21: 1-10

Diskin M.G., Mackey D.R., Roche J.F., Sreenan J.M. 2003. Efectos de la nutrición y el estatus metabólico sobre las hormonas en circulación y el desarrollo folicular ovárico en el Ganado bovino. *Animal Reproduction Science* Oct15:78(3-4):345-70

**Dow J.S., Moore J.D., Bailey C.M and. Foote W.D.** 1982. Onset of puberty in heifers of diverse beef breeds and crosses. *J. Anim. Sci.* 55:1041.

**Edmondson A.J., I.J.Lean, C.O. Weaver, T. Farver and G.Webster.** 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J.Dairy Sci.* 72:68-78.

<http://www.infocarne.com/bovino/condicioncorporal.asp>

**Evans ACO, Currie WE, Rawlings NC.** 1992. Effects of naloxone on circulating gonadotrophin concentrations in pre pubertal heifers. *Journal of Reproduction and Fertility*. 96:847-855

**Evans ACO, Adams GP, Rawlings NC.** 1994. Endocrine and ovarian follicular changes leading up to first ovulation in prepuberal heifers. *Journal of Reproduction and Fertility*; 100:187-194.

**Evans ACO and Rawlings NC.** 2009. Fisiología de la pubertad de terneros y terneras. Resumen del VIII Simposio Internacional de Reproducción Animal. Córdoba, Argentina.

**Foster D.L. and Ryan K.D.** 1979. Endocrine mechanisms governing transition into adulthood: a marked decrease in inhibitory feed-back action of estradiol on tonic secretion of luteinizing hormone in the lamb during puberty. *Endocrinology* 105:896.

**Gombe S. and Hansel W.** 1973. Plasma luteinizing hormone and progesterone levels in heifers on restricted energy intake. *J. Anim. Sci.* 37:728.

**González Padilla E.** 1991. La aparición de la pubertad en vaquillas. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, SARH. Palo Alto, México DF.

<http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/Cvvol2/Cvv2c11.pdf>

**Greer R.C.** 1984. Effect of daylength and lunar phase on the occurrence of first oestrus in beef heifers. *Anim. Prod.* 39:59.

**Gross J.A., Hansen P.J., Rutledge J.J. and Hauser E.R..** 1982. Genotype x environmental interaction on reproductive traits of bovine females. I. Age at puberty as influenced by breed, breed of sire, dietary regimen and season. *J. Anim. Sci.* 55:1441.

**Hafez E.S.E. y Hafez B.** 2000. Reproducción e inseminación artificial en animales. Séptima Edición. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. México DF. 58-60.

**Hansen P.J, Kamwanja L.A and. Hauser E.R.** 1983. Photoperiod influences age at puberty of heifers. *J. Anim. Sci.* 57:985.

**Hawk H.W., Tyler W.J. and Casida L.E.** 1954. Some factors affecting age at puberty in Holstein Friesian heifers. *J. Dairy Sci.* 37:252.

**Hill J.R., Lamond D.R., Henricks D.M., Dickey J.F. and Niswender G.D.** 1970. The effects of undernutrition on ovarian function and fertility in beef heifers. *Biol. Reprod.* 2:78.

**Izard M.K. and Vandenberg J.G..** 1982. The effects of bull urine on puberty and calving date in crossbreed beef heifers. *J. Anim. Sci.* 55:1160.

**Joubert D.M.** 1963. Puberty in female farm animals. *Anim. Breed. Abstr.* 31:295.

Kinder J.E., Bergfeld, G., Wehrman M.E., Peters, K.E, Kojima, F.N. 1995. Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. *Journals of Reproduction and Fertility. Supplement* 49:393-407..

**Mahone J.P., Berger T., Clegg E.D and Singleton W.L..** 1979. Photoinduction of puberty in boards during naturally occurring short day lengths. *J. Anim. Sci.* 48:1159.

**Menge A.C., Mares S.E. Tyler W.J and Casida L.E..** 1960. Some factors affecting age at puberty and the first 90 days of lactation in Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 43:1099.

**Milhura H. y Casaro G.** 2004. Evaluación pre servicio de las vaquillas: su relación con la fertilidad. Segundas Jornadas Taurus de reproducción bovina, Herramientas para brindar un servicio profesional calificado, Memorias. Revista Taurus, la revista de reproducción animal. Ediciones Taurus. Buenos Aires, Argentina. 20-26.

**Oliveira C.M.G., Oliveira Filho B.D., Gambarini M.L. y Viu M.A.** 2004. Influence of bioestimulation on puberty age and pregnancy rate in Nelore heifers. 15<sup>th</sup> International Congress in Animal Reproduction Vol.1:20

**Plasse D., A.C. Warnick and M. Koger.** 1968. Reproductive behavior of *Bos indicus* females in a subtropical environment. I. Puberty and ovulation frequency in Brahman and Brahman x British heifers. *J. Anim. Sci.* 27:94.

**Quintans G., Straumann J.M., Ayala W. y Vázquez A.I.** 2004. Effects of winter management on the onset of puberty in beef heifers under grazing conditions. 15<sup>th</sup> International Congress in Animal Reproduction Vol.1:22

**Quintans G., Scarsi A., Costa S., Moreira R., Ayala W. e Ibáñez W.** 2008. Effects of winter nutritional management on the onset of puberty in beef heifers under range conditions. *Reproduction in Domestic Animal* Vol.43:59-60.

**Roberson M.S., Ansotegui J.G. y Berardinelli J.G.** 1991. *Journal of Animal Science* 64: 2092-2099 .

**Stahringer R.** 2003. Anestro posparto y pubertad en bovinos de cría. INTA EEA Colonia Benítez, Chaco, Argentina.

<http://www.inta.gov.ar/benitez/info/documentos/reprod/pdf/23%20anesparto.pdf>

**Tortonese D.J.** 1986. Pubertad en hembras bovinas, Determinación de la edad a la pubertad mediante dosaje de progesterona por radioinmunoensayo en cuatro grupos genéticos bovinos, Su correlación con peso y alzada. Tesis de Doctorado en Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Veterinarias. La Plata, Argentina. 3-63.

**Wiltbank M.C., Gümen A. y Sartori R.** 2003. Clasificación fisiológica de condiciones anovulatorias en bovinos. Resumen del V Simposio Internacional de Reproducción Animal. Huerta Grande, Córdoba, Argentina. 19-46.