

Determinación de la edad y peso al inicio de la pubertad en machos de la raza criolla colombiana BON

Jaime Tobón C., Jorge Neira S., Sandra L. Córdoba,
Juan Guillermo Maldonado, Luis Emilio Trujillo

INTRODUCCIÓN

La pubertad es el término utilizado para caracterizar el periodo en el cual los animales sufren una serie de transformaciones anatómo-fisiológicas que permiten adquirir la aptitud para reproducirse, acompañado del desarrollo de caracteres sexuales secundarios (Forest *et al.*, 1991).

Los criterios reconocidos para fijar la edad a la pubertad, como la primera menstruación (en mujeres y primates), el primer estro (en la mayor parte de los mamíferos) y la primera eyaculación en el macho, no son el signo de una aptitud inmediata para reproducirse (Forest *et al.*, 1991).

La pubertad en el macho bovino se define como la edad en la cual el eyaculado contiene suficientes espermatozoides para preñar una vaca (Hafez *et al.*, 1996; Salisbury *et al.*, 1978), cuando el primer eyaculado contiene 5×10^7 espermatozoides/ml con al menos 10% de motilidad progresiva, y con 26 a 27 cm de circunferencia escrotal (Lunstra *et al.*, 1993).

La mayoría de la información demuestra que los toros *Bos indicus* alcanzan la pubertad más tarde que los toros *Bos taurus*; además, el desarrollo testicular es menor en los primeros (Hafez *et al.*, 1996). La demora en la madurez sexual, la hipoplasia testicular y una incidencia de anormalidades secundarias de los espermatozoides, son las causas más comunes de problemas de los toros en el trópico, y la edad a la pubertad en estas condiciones se da entre los 13 y 24 meses de edad (Galina *et al.*, 1991).

En el siglo pasado, con la importación de razas cebuínas, las poblaciones de razas criollas colombianas se han ido perdiendo por cruza-



mientos absorbentes indiscriminados, llevando inclusive al inminente peligro de su extinción. El mayor conocimiento de los eventos fisiológicos en condiciones naturales de estas razas criollas permitirá una mejor utilización de su potencial genético por su adaptación al medio tropical. La determinación de la edad a la pubertad y el momento ideal para la reproducción no solo permitirá utilizar un mayor número de animales jóvenes en las épocas de apareamiento (asegurando un mayor aporte a la variabilidad genética del BON) sino que traerá ventajas económicas por una mayor tasa reproductiva durante el tiempo de vida (Hafez *et al.*, 1996).

En la edad de la pubertad influye principalmente el ambiente físico, el fotoperiodo, el estado de desarrollo corporal, la raza, el número de animales en el hato, las hormonas, la heterosis, la temperatura ambiental y la calidad de la nutrición (Foote *et al.*, 1993; Galloway *et al.*, 1982; Hafez *et al.*, 1996).

El peso corporal es uno de los factores que más interviene en la señal de inicio de la pubertad, razón por la cual se toma como un factor altamente correlacionado. En la mayoría de los mamíferos la aptitud para reproducirse se adquiere cuando el individuo llega al 30 o 70% de su peso adulto (rata: 30 a 40%; vaca: 40 a 55%; oveja: 60 a 70%) (Forest *et al.*, 1991).

Dada la necesidad de conocer el momento de la madurez sexual para introducir los animales BON a los programas de apareamiento, este estudio se diseñó con el fin de determinar la edad de inicio de la pubertad en toretes de la raza BON del C.I. El Nus.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en el C.I. El Nus - Corpoica, municipio de San Roque (Antioquia), el cual tiene una extensión aproximada de 1750 hectáreas, con un hato ganadero de 1.100 cabezas de las cuales 450 son semovientes pertenecientes al Banco de Germoplasma bovino de la raza BON.

El C.I. El Nus se encuentra en las estribaciones de la Cordillera Central, a una altura comprendida entre 800 y 1.200 msnm, con una temperatura promedio anual de 23 grados centígrados y una precipitación media anual de 2.300 ml, correspondiente a una zona de transición entre bosque húmedo tropical (bh-

T) y bosque muy húmedo tropical (bmh-T), zona ecográfica representativa de unos 12.000 km del territorio nacional.

Animales de estudio. Se seleccionaron 25 animales de la raza BON desde $8,4 \pm 0,05$ meses, los cuales registraron condiciones sanitarias y estado de carnes aceptable. Los animales recibieron condiciones alimentarias y de manejo durante los 12 meses que duró el trabajo experimental (hasta $19,4 \pm 0,04$ meses de edad de los toretes) de acuerdo con los procedimientos habituales establecidos en el C.I. El Nus, en el periodo comprendido entre octubre de 1997 y octubre de 1998.

Toma de muestras. En la fase experimental se efectuaron muestreos quincenales a todos los animales, que comprendieron: control de peso, mediciones testiculares (circunferencia escrotal, diámetro y longitud testicular) y chequeo de glándulas sexuales anexas mediante palpación rectal.

Cuantificación de la testosterona plasmática. En cada muestreo se seleccionaron al azar seis animales del grupo, a los que se les tomó una muestra sanguínea para la determinación de testosterona plasmática por RIA utilizando kits comerciales específicos para testosterona bovina (Chenoweth *et al.*, 1979). Las cuantificaciones se hicieron en el Laboratorio del Centro de Investigaciones en Salud Animal Ceisa-Corpoica.

Evaluación del semen. A partir de los 12 meses de edad se incluyó en el muestreo quincenal una recolección de semen por electroeyaculación a seis animales del grupo que hubieran presentado la mejor prueba de líbido ante una vaca en estro inducido. La muestra seminal se sometió a un análisis macroscópico (volumen, color, aspecto) y microscópico (movilidad masal e individual, concentración espermática y anormalidades). Estas pruebas se realizaron de acuerdo con los procedimientos establecidos para análisis de espermiograma (Boixo *et al.*, 1994; Goffaux *et al.*, 1986; Goffaux *et al.*, 1990).

Análisis estadístico. Los datos de las mediciones morfométricas y de las características espermáticas se evaluaron por análisis de varianza multifactorial, según el modelo de medias mínimas cuadráticas para grupos no apareados (Boixo *et al.*, 1994; Chenoweth *et al.*, 1979). Para el análisis de los resultados, la edad de cada macho correspondiente al dato tomado en cada fecha quincenal se analizó como un dato independiente; además, se caracterizó en 12 grupos según edad en meses de $8,4 \pm 0,05$ hasta $19,4 \pm 0,05$ meses.



Muestreo. A los 25 animales escogidos como población experimental se les tomó un total de 572 muestras, clasificadas por edades en 12 grupos entre 8 y 19 meses, con un 95% de confianza para los intervalos (Tabla 5.2). La edad mostró un coeficiente de correlación y regresión lineal altamente significativos con el peso ($R^2= 0,84$; $p<0,01$; $Y= 69,6598 + 10,3689 \times \text{edad} \pm 1,8$), la circunferencia escrotal ($R^2= 0,90$; $p<0,01$; $Y= 8,49386 + 1,233 \times \text{edad} \pm 1,83$), la longitud testicular ($R^2= 0,85$; $p<0,01$; $Y= 3,08333 + 0,4145 \times \text{edad} \pm 0,82$) y el diámetro testicular ($R^2= 0,88$; $p<0,01$; $Y= 0,16743 + 0,374532 \times \text{edad} \pm 0,65$). Los valores se presentan en la Tabla 5.3.

Tabla 5.2. Distribución de toretes Blanco Orejinegro (BON) del C.I. El Nus - Corpoica en grupos de acuerdo con la edad en meses.

GRUPO	N	EDAD (MESES)*	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
1	41	8,4 \pm 0,05	8,3	8,5
2	41	9,4 \pm 0,05	9,3	9,5
3	36	10,5 \pm 0,05	10,4	10,6
4	43	11,6 \pm 0,05	11,5	11,7
5	56	12,6 \pm 0,04	12,5	12,7
6	44	13,5 \pm 0,05	13,4	13,6
7	53	14,6 \pm 0,04	14,6	14,7
8	57	15,5 \pm 0,04	15,5	15,6
9	56	16,6 \pm 0,04	16,5	16,6
10	56	17,5 \pm 0,04	17,4	17,6
11	52	18,5 \pm 0,04	18,4	18,6
12	37	19,4 \pm 0,05	19,3	19,5

*Medias mínimas cuadráticas \pm error estándar

Cuando se analizaron los promedios de peso en los diferentes grupos (Tabla 5.3, Gráfico 5.6) se observó una ganancia de peso medida, entre los 8 y 11 meses de edad, la cual se hizo significativa y progresiva desde los 12 meses en adelante.

La circunferencia escrotal (CE) (5,7) mostró un leve aumento entre los 8 y 10 meses de edad y luego se hizo más significativa, en especial desde los trece meses. El diámetro y la longitud testicular también mostraron un aumento

ligero pero constante, similar para las dos variables, durante todos los promedios de los grupos clasificados por meses de edad (Gráfico 5.7).

Tabla 5.3. Parámetros morfométricos en toretes Blanco Orejinegro (BON) del C.I. El Nus - Corpoica, de acuerdo con la edad y el peso.

Grupo de edad (meses)	n	Peso (kg)*	Circunferencia escrotal (cm)*	Largo testicular (cm)*	Diámetro testicular (cm)*
8	34	166 ± 3	19 ± 0,3	5,9 ± 0,1	2,3 ± 0,1
9	39	179 ± 3	20 ± 0,3	7,0 ± 0,1	3,3 ± 0,1
10	31	179 ± 3	20 ± 0,3	7,7 ± 0,1	4,2 ± 0,1
11	43	183 ± 3	22 ± 0,3	8,0 ± 0,1	4,4 ± 0,1
12	56	178 ± 3	23 ± 0,2	8,1 ± 0,1	4,8 ± 0,1
13	44	188 ± 3	24 ± 0,3	8,4 ± 0,1	5,3 ± 0,1
14	53	206 ± 3	26 ± 0,2	8,6 ± 0,1	5,7 ± 0,1
15	57	220 ± 3	28 ± 0,2	9,1 ± 0,1	6,0 ± 0,1
16	55	234 ± 3	29 ± 0,2	9,4 ± 0,1	6,1 ± 0,1
17	56	250 ± 3	30 ± 0,2	10,1 ± 0,1	6,6 ± 0,1
18	52	265 ± 3	30 ± 0,2	10,7 ± 0,1	6,6 ± 0,1
19	37	277 ± 3	31 ± 0,3	11,3 ± 0,1	6,8 ± 0,1

*Medias mínimas cuadráticas ± error estándar

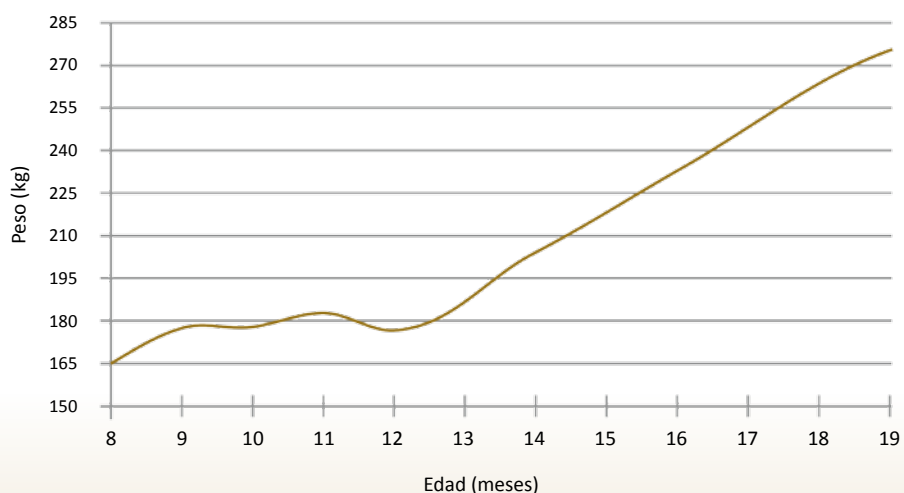


Gráfico 5.6. Peso promedio según la edad en toretes BON del C.I. El Nus Corpoica.

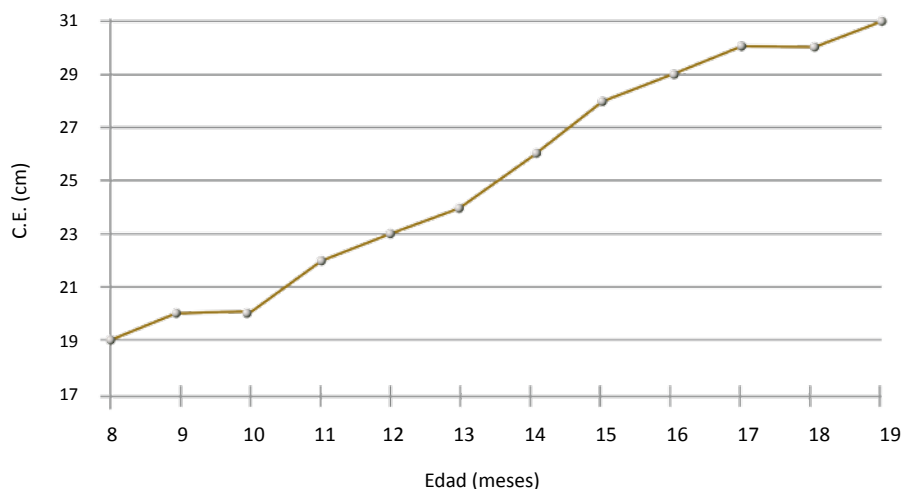


Gráfico 5.7. Circunferencia escrotal según la edad en toretes BON del C.I. El Nus.

Concentraciones séricas de testosterona. Para determinar la concentración de testosterona plasmática (T4) se tomaron 127 muestras correspondientes a los grupos de animales clasificados por meses desde los $10,5 \pm 0,05$ hasta los $19,4 \pm 0,04$ meses de edad; se tomaron entre 11 y 16 muestras por cada grupo de edad (Tabla 5.4).

Tabla 5.4. Niveles de testosterona plasmática y concentración del semen en toretes BON del C.I. El Nus – Corpoica.

Grupo de edad (meses)	n	Testosterona plasmática (ng/ml)*	n	Volumen del eyaculado (ml)*	Concentración espermática ($\times 10^6$ esp/cc)*
10	11	$0,22 \pm 0,4$			n.d.
11	13	$0,69 \pm 0,4$			n.d.
12	12	$0,52 \pm 0,4$			n.d.
13	12	$1,26 \pm 0,4$			n.d.
14	16	$0,79 \pm 0,4$			n.d.
15	17	$0,76 \pm 0,3$	10	$1,5 \pm 0,2$	$23,5 \pm 16$
16	15	$0,23 \pm 0,4$	9	$1,5 \pm 0,2$	$78,3 \pm 17$
17	15	$2,13 \pm 0,4$	8	$1,7 \pm 0,2$	$81,2 \pm 18$
18	16	$1,61 \pm 0,4$	4	$2,0 \pm 0,3$	$106,2 \pm 26$
19			9	$1,1 \pm 0,2$	$110,0 \pm 17$

*Medias mínimas cuadráticas \pm error estándar; n.d.: No determinado

El coeficiente de correlación entre la T4 sérica y la edad ($R^2 = 0,45$; $p < 0,01$; $Y = -261,447 + 20,0043 \times \text{edad} \pm 51,07$) fue relativamente bajo, considerando el error estándar. La concentración sérica de T4 mostró además una ligera asociación pero significativa, con el diámetro y la longitud testicular y con la circunferencia escrotal ($p < 0,05$); sin embargo, no mostró asociación con el peso ($p > 0,05$). Los promedios de T4 sérica de los diferentes grupos de edades analizados (Gráfico 5.8) fueron muy variables.

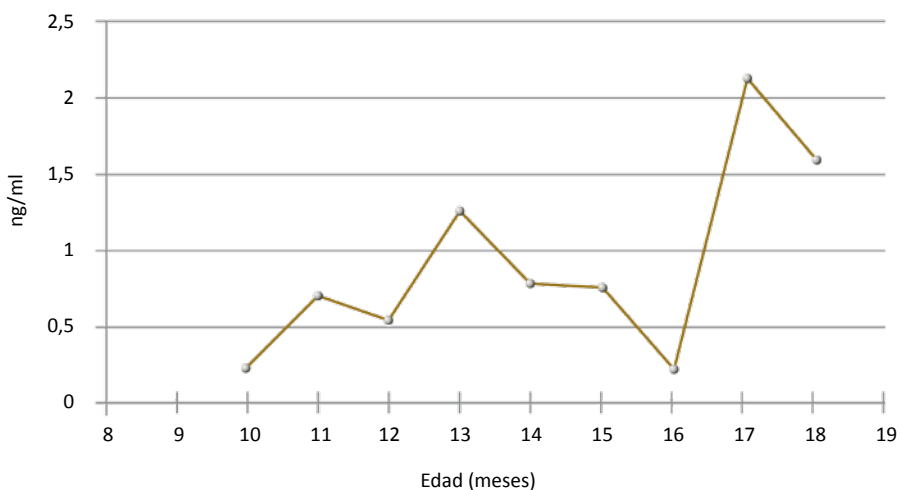


Gráfico 5.8. Testosterona plasmática según la edad en toretos BON del C.I. El Nus.

Evaluación del semen. Los ensayos para recolección de muestra seminal se iniciaron a partir de los 12 meses de edad, pero solo desde los $15,5 \pm 0,04$ meses se obtuvieron muestras de semen por electroeyaculación. En total, se tomaron 40 muestras repartidas en los grupos de edades entre 15 y 19 meses (Tabla 5.4); los volúmenes de muestra obtenidos fueron en promedio de 1,55 ml, con variación entre 1 y 2 ml. No hubo diferencia significativa ($p > 0,05$) entre el volumen de muestras seminales obtenido en los diferentes grupos de edades clasificados (Gráfico 5.9).

La concentración de espermatozoides obtenida para el grupo de animales a los 15 meses de edad fue en promedio de $24 \pm 16 \times 10^6$ esp/cc; a partir de los 16 meses superó los $78 \pm 16 \times 10^6$ esp/cc (Gráfico 5.10). Todas las muestras obtenidas presentaron una movilidad en masa e individual del 60 - 80%.

Las variables evaluadas en el estudio indican que experimentan cambios significativos entre los 14 y 16 meses de edad; estos podrían ser inducidos como

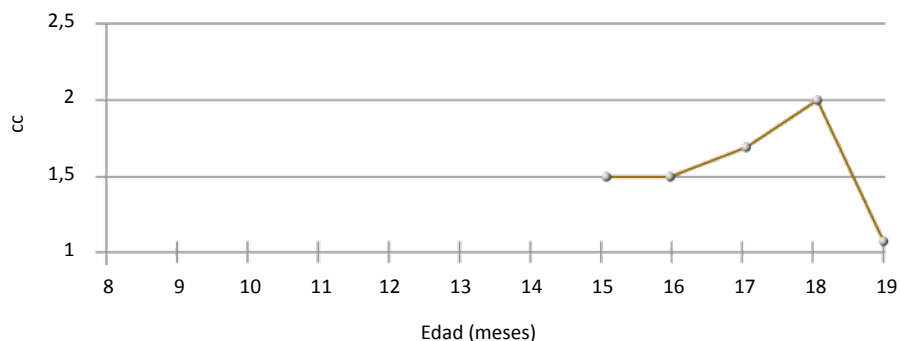


Gráfico 5.9. Volumen promedio de eyaculado según la edad en toretes BON del C.I. El Nus Corpoica.

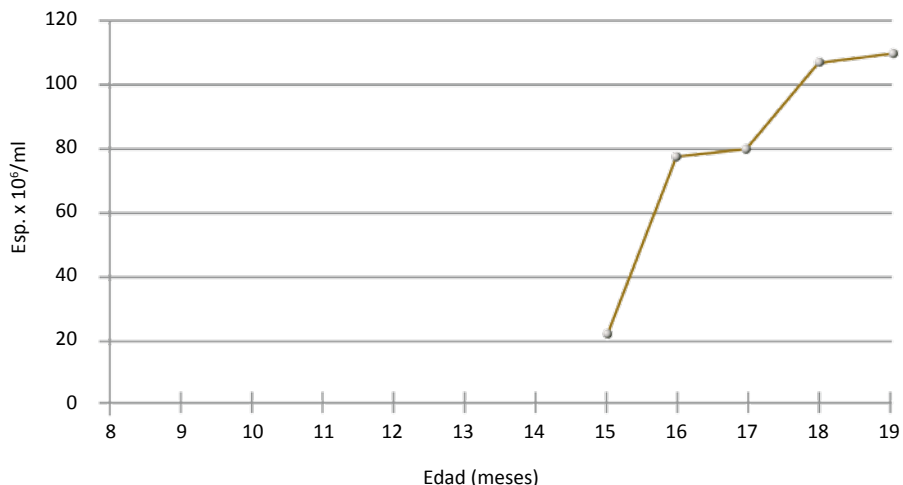


Gráfico 5.10. Concentración espermática promedio según la edad en toretes BON del C.I. El Nus Corpoica.

consecuencia del cambio en la curva de ganancia de peso que sufren los machos BON levantados bajo las condiciones naturales del C.I. El Nus a partir de los doce meses de edad (Gráfico 5.6); por esta razón, se sugiere que la edad del inicio de la pubertad en los toretes BON de El Nus podría estar alrededor de los 14 a 16 meses, cuando los toretes tienen un peso corporal entre 206 ± 3 y 234 ± 3 kg de peso vivo.

En el estudio se observó cómo después de una ganancia de peso medida de los toretes hasta los doce meses ocurría un incremento significativo y progresivo (Gráfico 5.6), lo cual se podría explicar tanto por la ganancia compensatoria de peso posdestete, que se realiza en el C.I. El Nus a los 8 meses de

edad; como por las mejores condiciones de las praderas por efecto de la época de lluvias, que comienza regularmente en el mes de marzo, fecha en que los animales alcanzan estas edades como consecuencia del apareamiento estacional. El incremento del peso corporal estaría dando las primeras señales para el inicio de la pubertad mediante mecanismos y mediadores aún desconocidos (Grumbach *et al.*, 1990; Plant *et al.*, 1988; Piétrempnt *et al.*, 1994).

El peso promedio obtenido al momento de la pubertad en el presente estudio fue alrededor de 200 kg, lo cual equivale aproximadamente al 50% del peso de los animales adultos de la raza BON, dato que coincide con lo reportado por Forest y Levasseur (1991), quienes señalan que en bovinos la aptitud para reproducirse se adquiere cuando el animal llega al 40 - 55% de su peso adulto.

En el Gráfico 5.6 se observa que aunque hubo un aumento de peso paulatino desde el inicio del estudio, éste se hizo más evidente a partir de los 13 meses de edad, lo cual se correlacionó con el diámetro y la longitud testicular ($p < 0,01$). El mayor crecimiento posnatal del testículo ocurre durante la pubertad (Forest *et al.*, 1991) y al parecer resulta del alargamiento de los tubos seminíferos y el aumento de su diámetro. Los resultados encontrados en este estudio confirman la alta correlación entre el peso corporal y la circunferencia escrotal (Gráfico 5.7) (Chenoweth *et al.*, 1979; Jiménez *et al.*, 1996; Ocantó *et al.*, 1991; Schramm *et al.*, 1989).

En el estudio que nos concierne se encontró un peso promedio de 206 kg y una circunferencia escrotal de 26 cm a los 14 meses de edad. Ocantó *et al.* (1991) reportan en un trabajo con razas criollas venezolanas pesos a los 22 meses de 210 kg, con una circunferencia escrotal de 22,5 cm a la pubertad. Estas diferencias podrían explicarse, además de la raza, por la variación entre los pisos térmicos tropicales del llano venezolano y el trópico medio de El Nus.

En el curso de la pubertad los niveles de esteroides en la sangre aumentan (Chenoweth *et al.*, 1979); sin embargo, en el presente trabajo los niveles de testosterona plasmática fueron variables, a pesar de observar una tendencia ascendente. Esto se podría explicar por el reducido número de muestras analizadas para testosterona y el amplio lapso entre las tomas de muestras. Para evidenciar el incremento en los niveles de testosterona sérica como consecuencia de la edad a la pubertad, habría que adoptar una metodología de recolección y evaluación que proporcione mayor número y menor intervalo de determinaciones.



El volumen de las muestras seminales obtenidas a partir de los 15 meses de edad no mostró diferencias significativas entre los grupos de edad. El uso del electroeyaculador para la toma de la muestra seminal hace que el volumen de dicha muestra no sea un indicador de madurez sexual, por cuanto es la respuesta a un estímulo eléctrico obligado y condicionado (Piétrempt *et al.*, 1994). Para obviar esto habría que enseñar al animal a la vagina artificial, lo que únicamente se puede lograr después del inicio de la pubertad.

Desde las primeras tomas de muestra seminal a los 12 meses de edad, la concentración espermática aumentó en forma significativa, alcanzando concentraciones de 78×10^6 esp/cc a partir de los 16 meses de edad. Lunstra *et al.* (1993) y Chenoweth *et al.* (1989) afirman que la edad a la pubertad en machos bovinos ocurre cuando su primer eyaculado contiene 5×10^7 espermatozoides/ml con al menos 10% de movilidad progresiva, datos confirmados en este estudio obtenidos entre 15 y 16 meses. No obstante, consideramos que en la práctica esta valoración no es viable para determinar el momento preciso de la edad a la pubertad, por dificultad de la toma de muestra seminal en los animales que comienzan la pubertad y por el efecto de la recolección de la muestra artificial con electroeyaculador.

CONCLUSIONES

El presente trabajo muestra que la edad de inicio de la pubertad está condicionada por una serie de factores correlacionados significativamente con la ganancia de peso corporal, como consecuencia del estado clínico-sanitario, nutricional y ambiental del individuo. Los parámetros obtenidos para determinar la edad y el peso a la pubertad en machos de la raza criolla colombiana BON en condiciones de hábitat natural mostraron cambios significativos entre los 14 y 16 meses de edad, cuando se inicia la edad a la pubertad, con pesos que oscilan entre 206 y 234 kg. Es importante destacar que un solo factor, como lo es la concentración espermática, no sería una medida contundente para determinar la edad a la pubertad. Factores individuales como la testosterona sérica y el comportamiento de líbido del animal, son indicadores que por sí solos no mostrarían una evidencia de madurez sexual.

Así mismo, con este trabajo se demuestra que bajo condiciones ambientales del C.I. El Nus los toretes tienen una madurez reproductiva a partir de los 18 meses de edad, a pesar de su apariencia corporal poco desarrollada. Por esto se sugiere que se pueden utilizar en apareamiento desde los 18 a 20 meses de edad, con un buen potencial de fertilidad.

Referencias

- Azevêdo, D. M.; Martins Filho, R.; Lôbo, R. N.; Malhado, C. M.; Lôbo, R. B.; Moura, A. A.; Pimenta Filho, E. C. Desempenho reproductivo de vacas Nelore no Norte e Nordeste do Brasil. *R. Bras. Zootec* 2006; 35: 988-996.
- Boixo, P. (1994). Valoración laboratorial de la calidad seminal. Correlación con la fertilidad. *7as J.I.R.A. Murcia*, pp.93-100.
- Boldman, K. G.; Kriese, L. A.; Van Vleck, L. D. (1995). A manual for use of MTDFREML, a set of programs to obtain estimates of variances and covariances (DRAFT). Beltsville: Department of Agriculture; Agr Res. 125.
- Buzanskas, M. E.; Grossi, D. A.; Baldi, F.; Barrozo, D.; Silva, L. O. C.; Torres Júnior, R. A. A.; Munari, D. P.; Alencar, M. M. (2010). Genetic associations between stayability and reproductive and growth traits in Canchim beef cattle. *Livest Prod Sci*; 132:107-112.
- Casas, E.; Tewolde, A. (2001). Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva de genotipos criollos de carne en el trópico húmedo. *Arch Latinoam Prod Anim*; 9: 68-73.
- Cavalcante, F. A.; Martins Filho, R.; Campello, C. C.; Lôbo, R. N. B.; Martins, G. A. (2000). Intervalo de partos em rebanho Nelore na Amazônia Oriental. *Rev. Bras. Zootec*; 29:1327-1331.
- Chenoweth, P. J.; Ball, L. (1989). Breeding Soundness. Evaluation in Bulls. En: *Current therapy in Theriogenology*. DA Morrow. WB Saunders Co. Philadelphia; pp.136-146.
- Chenoweth, P. J.; Brinkks, J. S.; Nett, M. (1979). Comparison of three methods to assessing sex drive in yearling beef bulls and relationship with testosterone and LH levels. *Theriogenology*; No.12: 223-224.
- Falconer, D. S.; Mackay, T. F. (1996). Introducción a la genética cuantitativa. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Federación Colombiana de Ganaderos, Fedegan. (2006). Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019. Bogotá D.C., Noviembre.
- Foote, W. C.; Riera, G. S.; Simplicio, A. A. (1993). The effects of tropical environment on reproduction efficiency in ruminants. En: *1er. Simposio Internacional de Bioclimatología Animal nos Tropicós: Pequenos y Grandes Ruminantes*. Anais Fortaleza. Embrapa. pp 63-86.
- Forest, M. G.; Levasseur, M. C. (1991). "La puberté" la reproduction chez les mammifères et l'homme coordinateur. C. THIBAUT INRA. Edl. ellipses. pp. 555-571.
- Forest, M. G. (1988). "Rôle des androgènes surrénaliens et des hormones sexuelles, dans la croissance postnatale". In: ROCHICCIOLI P. Ed., Facteurs endocriniens de croissance et leur pathologie, Doin, Paris. pp.115-136.
- Forni, S.; Albuquerque, L. G. (2005). Estimates of genetic correlations between days to calving and reproductive and weight traits in Nelore cattle. *J Anim Sci*. 83:1511-1515.
- Galina, C. S.; Arthur, G. H. (1991). Review of cattle reproduction in the tropics. Part 6 The Male. *An Breed Abts*. pp. 59-403.
- Galloway, D. (1982). Factores que afectan la fertilidad en toros. V jornadas latinoamericanas Buiatría. Paysandú.
- Goffaux, M. (1986). Quelques aspects relatives a la technologie de insémination artificielle des bovins. *Elevage et insémination*, No.216, pp. 5-9.
- Goffaux, M. (1990). Techniques de congélation de la semence de taureau première partie. *Elevage et insémination*, pp. 3-14.
- Grossi, D. A.; Venturini, G. C.; Paz, C. C.; Bezerra, L. A.; Lôbo, R. B.; Oliveira, J. A.; Munari, D. P. (2009). Genetic associations between age at first calving and heifer body weight and scrotal circumference in Nelore cattle. *J Anim Breed Genet*; 126:387-93.
- Grumbach, M. M.; Sizonenko, P. C.; Aubert, M. L. (1990). Control of the onset of puberty. *Williams and Wilkins*, Baltimore, pp. 19.
- Gutiérrez, I. D. (2003). Ganado criollo BON. Razas criollas y colombianas puras. Colombia. Asocriollo Corpoica.



- Gutiérrez, J. P.; Álvarez, I.; Fernández, I.; Royo, L. J.; Díez, J.; Goyache, F. (2002). Genetic relationships between calving date, calving interval, age at first calving and type traits in beef cattle. *Livest Prod Sci*; 7: 215-222.
- Hafez, ESE. (1996). Reproducción e inseminación artificial en animales. 7th. edición, México. pp. 89-94.
- Hare, E.; Norman, H. D.; Wright, J. R. (2006). Trends in Calving Ages and Calving Intervals for Dairy Cattle Breeds in the United States. *J Dairy Sci*; 89: 365-370.
- Harvey, W. R. (1982). Least squares analysis of discrete data. En: *Journal of Animal Science*. Vol 54, No. 5. pp.1067-1071.
- Inchaisri, C.; Jorritsma, R.; Vos, PLAM; Van Der, W. G. C.; Hogeveen, H. (2010). Economic consequences of reproductive performance in dairy cattle. *Theriogenology*; 74: 835-846.
- Jiménez, J.; Martínez, G.; Murcia, G. (1996). Características seminales y circunferencia escrotal de toros puros y cruzados en el piedemonte llanero. *Revista ACOVEZ*. Vol. 21 N° 3, pp. 4-14.
- Koots, K. R.; Gibson, J. P.; Smith, C.; Wilton, J. W. (1994). Analices of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. *Anim. Breed. Abstr*; 62: 309-338.
- Lunstra, D. D.; Ford, J. J.; Echteerkamp, S. C. C. (1994). Puberty in beef bulls: Hormone concentrations, growth, testicular development, sperm. productions and sexual aggressiveness in bulls of different breeds. *J Anim Sci*; No. 46, pp. 1054-1061.
- Martínez, G.; González, F. (2000). El ganado criollo Sanmartinero (SM) y su potencial productivo. *AGRI*; 28:7-17.
- Martínez-Velázquez, G.; Gregory, K. E.; Bennett, G. L.; Van Vleck, L. D. (2003). Genetic relationship between scrotal circumference and female reproductive traits. *J. Anim. Sci*; 81:395-401.
- McManus, C. M.; Saueressig, M. G.; Falcão, R. (2002). Componentes reproductivos e produtivos no rebanho mestiço de corte da Embrapa Cerrados. *Rev. Bras. Zootec*; 31:648-657.
- Meyer, K. (1988). DFREML A set of program to estimate variance component under an individual animal model. *J Dairy Sci*; 71 suppl 2: 33-34.
- Ocanto, D.; Patiño, A.; Ramos, C.; Escobar, S.; Linares, T. (1991). Pubertad en machos Brahman y criollo Río Limón bajo condiciones del llano venezolano. *Zootecnia tropical*, pp. 25-54.
- Ossa, G. A.; Suárez, M. A.; Pérez, J. E. (2007). Factores ambientales y genéticos que influyen la edad al primer parto y el intervalo entre partos en hembras de la raza criolla Rimosinuano. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*; 8: 74-80.
- Perotto, D.; Abrahão, J. J. S.; Kroetz, I. A. (2006). Intervalo de partos de fêmeas bovinas Nelore, Guzerá x Nelore, Red Angus x Nelore, Marchigiana x Nelore e Simental x Nelore. *Rev Bras Zootec*; 35: 733-741.
- Piétrempt, J. L. (1994). Techniques de prélèvement et d'étude du sperme frais des taureux. *G.T.V.*; 4-B-482.
- Plant, T. M. (1998). Puberty in primates. En: Knobil E., Neil J.D., Eds., *The physiology of reproduction*, Raven Press, New York, pp. 1763-1788.
- Pryce, J. E.; Coffey, M. P.; Brotherstone, S. H.; Woolliams, J. A. (2002). Genetic Relationships Between Calving Interval and Body Condition Score Conditional on Milk Yield. *J. Dairy Sci*; 85:1590-1595.
- Rust, T.; Groeneveld, E. (2001). Variance component estimation on female fertility traits in beef cattle. *S Afr J Anim Sci*; 31:131-141.
- Salisbury, G. W.; Van Demark, N. L. (1978). Fisiología de la reproducción e inseminación artificial del ganado. *Acribia*, Zaragoza; 581-592.
- SAS Institute Inc. (2008). *SAS/STAT® 9.0 User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Schramm, R. D.; Osborne, P. I.; Thaayne, W. V.; Wagner, W. R. (1989). Inskip EK. Phenotypic relationship of scrotal circumference to frame size and body weight in performance-tested bulls. *Theriogenology*; 31: 495-504.
- Short, R. E.; Bellows, R. A.; Staigmiller, R. B.; Berardinelli, J. G.; Custer, E. E. (1990). Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J Anim Sci*; 68: 799-816.
- Silveira, J. C.; Mcmanus, C.; Mascioli, A. S.; Silva, L. O. C.; Silveira, A. C.; García, J. A. S.; Louvandini, H. (2004). Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no Estado do Mato Grosso do Sul. *Rev. Bras. Zootec*; 33: 1432-1444.

- Tapia, N.; Muñoz, P.; Molina, A. (1995). Factores que afectan la edad al primer parto en el ganado vacuno de raza Retinta. *Arch zootec*; 44: 215-223.
- Van Der Westhuizen, R. R.; Schoeman, S. J.; Jordaan, G. F.; Van, W. J. B. (2001). Genetic parameters for reproductive traits in a beef cattle herd estimated using multitrait analysis. *S Afr J Anim Sci*; 31: 41-48.
- Vergara, O. D.; Elzo, M. A.; Cerón-Muñoz, M.F. (2009). Genetic parameters and genetic trends for age at first calving and calving interval in an Angus-BON-Zebu multibreed cattle population in Colombia. *Livest Prod Sci*; 126: 318-322.
- Vergara, O.; Cerón, M.; Hurtado, N.; Arboleda, E.; Granada, J.; Rúa, C. (2008). Estimación de la heredabilidad del intervalo de partos en bovinos cruzados. *Rev.MVZ Córdoba*; 13: 1192-1196.
- Vieira, D. H. (2008). Efeitos Não Genéticos sobre as Características Reprodutivas de Fêmeas da Raça Nelore. Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro.
- Vries, A.; Risco, C. A. (2005). Trends and Seasonality of Reproductive Performance in Florida and Georgia Dairy Herds from 1976 to 2002. *J Dairy Sci*; 88: 3155-3165.
- Wasike, C. B.; Indetie, D.; Ojango, J. M.; Kahi, A. K. (2009). Direct and maternal (co) variance components and genetic parameters for growth and reproductive traits in the Boran cattle in Kenya. *Trop Anim Health Prod*; 41: 741-8.
- Werth, L. A.; Azzam, S. M.; Kinder, J. E. (1996). Calving intervals in beef cows at 2, 3, and 4 years of age when breeding is not restricted after calving. *J Anim Sci*; 74:593-596.
- Yagüe, G.; Goyache, F.; Becerra, J.; Moreno, C.; Sánchez, L.; Altarriba, J. (2009). Bayesian estimates of genetic parameters for pre-conception traits, gestation length and calving interval in beef cattle. *Anim Repr Sci*; 114: 72-80.