

Capítulo II

Interpretación de la circunferencia escrotal en la evaluación de la fertilidad de toros doble propósito en monta natural

**Ninoska Madrid-Bury, DV
Carlos González-Stagnaro, DV**

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo del desarrollo de la tecnología reproductiva es preservar y optimizar la fertilidad pero a pesar del incremento de las técnicas de inseminación artificial (IA) y de sincronización del celo, la fertilidad parece haber disminuido a nivel mundial. Aunque los bovinos no son animales con alta tasa de fertilidad, se han reportado valores máximos que oscilan entre 50-60% en vacas de leche y carne en países desarrollados (Royal *et al.*, 2000; Parkinson y Vermont, 2001); sin embargo, a nivel mundial estas cifras han experimentado en los últimos 10 años una caída de 0,5 a 1% anual (Lucy *et al.*, 2001).

Datos recientes en rebaños del estado Zulia confirman una disminución de 0,38% anual en los últimos 30 años en fincas que aplican la IA, bajando desde 61,2 a 49,9% entre 1974 y 2004 (González-Stagnaro y Madrid-Bury, 2007). Esta caída se ha atribuido a los avances genéticos en el mestizaje aunque no se ha relacionado en forma directa con los incrementos en la producción de leche (Butler, 2000), aunque sí se ha atribuido al estado nutricional de las vacas, a la difusión de una serie de enfermedades infecciosas, muy discutidas y menos comprobadas y también a toros con deficiente fertilidad, como se ha indicado previamente (González-Stagnaro *et al.*, 1988).

Rebaños mestizos DP mejorados (SM) y tradicionales (ST) mostraron medias de fertilidad de 54,8 vs 52,5% ($P > 0,05$); estos valores pueden estar influenciados por los intervalos parto-primer celo más breves en rebaños SM o la menor producción de leche en los ST (González-Stagnaro y Madrid-Bury, 2007). Una excelente fertilidad de 55-65% reportada en rebaños DP tradicionales donde predomina la monta natural, parece haber igualmente disminuido a niveles de 40-50% (González-Stagnaro, 2001).

La subfertilidad es una situación muy compleja, difícil de analizar, diagnosticar y tratar. Entre las explicaciones a esta situación se han señalado los errores humanos asociados con el manejo de la detección de los celos y de la técnica de IA, al igual que el

efecto de las vacas y sus tipos raciales, la condición corporal, los problemas nutricionales, sanitarios, ambientales y por supuesto el efecto del toro y de su calidad seminal. Un primer análisis de los causales de la ineficiencia en las vacas repetidoras en fincas que utilizaban de preferencia la IA mostró una principal participación del error humano, casi del 50%, siendo el resto de la distribución muy similar entre vacas y machos (semén y toros) (González-Stagnaro *et al.*, 1973).

La monta natural (MN) es el método de servicio predominante en las ganaderías DP tradicionales. En esos casos, el manejo y la fertilidad de los toros son de vital importancia para los ganaderos debido a su posible responsabilidad en rebaños con problemas de fertilidad. Al incrementar el número de servicios, se prolongan los días vacíos y el intervalo entre partos, aumentan los costos de manejo, atención veterinaria y medicinas, al igual que la tasa de eliminación (González-Stagnaro, 2001). En el caso de la MN, las tasas de fertilidad son consistentemente 10-20% más elevadas que con la IA (González *et al.*, 1973). Por esta razón, los criadores de ganado que usan la IA recurren a menudo a utilizar toros para cubrir a las novillas y a las vacas repetidoras.

El valor económico de los reproductores bovinos aumenta en la medida que el nivel de fertilidad incrementa, de allí la importancia de determinar y mejorar la fertilidad de los toros, más aún, cuando se ha reportado una amplia variación entre ellos (Madrid-Bury *et al.*, 2002). La evaluación de la fertilidad de los machos utilizados en programas de IA o en MN controlada es imprescindible en el proceso de selección de los toros más fértiles y para mejorar la eficiencia del rebaño (González-Stagnaro y Madrid-Bury, 2006). Los aspectos esenciales a considerar en la función sexual en los machos, son la capacidad para producir semen de calidad y el valor fecundante de ese semen al ser utilizado en hembras sanas y cíclicas. Este capítulo tiene como objetivo ayudar al lector en la interpretación de los hallazgos durante la evaluación del potencial reproductivo de los toros, en lo referente a la medida de la circunferencia escrotal que es la variable utilizada para estimar el tamaño testicular de los toros mestizos y puros utilizados en MN en las fincas DP.

LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE ESPERMATOZOIDES

El tamaño testicular o la cantidad de tejido productor de espermatozoides se estima a través de la medida de la Circunferencia Escrotal (CE), que es un parámetro sencillo y muy fácil de determinar, utilizando una cinta métrica especial (Madrid-Bury, 2005). Los espermatozoides se producen en los túbulos seminíferos del testículo, y constituyen entre 80 y 90% del peso testicular. En toretes mestizos DP venezolanos se han señalado correlaciones de 0,95 entre el peso de los testículos y la CE (Urdaneta *et al.*, 1998) coincidiendo con reportes previos (Coulter y Keller, 1982, Madrid *et al.*, 1988).

Esto significa que la CE predice con certeza la cantidad de tejido productor de espermatozoides en los testículos, de manera que, al seleccionar un toro por su CE, indirectamente se selecciona por producción de espermatozoides (Almquist y Amann, 1961; Morris *et al.*, 1978, Entwistle *et al.*, 1980; Madrid-Bury *et al.*, 1988, Madrid-Bury, 1992). El tamaño de los testículos está altamente correlacionado con la produc-

ción diaria de espermatozoides, la cual se mantiene constante por unidad de volumen testicular (Coulter y Keller, 1982). El peso de ambos testículos puede variar entre individuos de una misma edad; en toretes 5/8 Hostein y 5/8 Pardo Suizo de 24 meses la CE varió entre 26,4 y 31,2 cm, señalándose diferencias hasta de 80g de peso testicular entre ellos (Urdaneta *et al.*, 1998). Esta cantidad representa tejido testicular potencial para producir 1,1 billones de espermatozoides por día.

Para una mejor comprensión del valor del tamaño testicular y su relación con la producción de espermatozoides hagamos un cálculo. Se tienen dos animales de la misma edad con CE de 36,0 y de 30,3cm, la diferencia sería de 5,7 cm, esto representa cerca de 194 g de tejido testicular, lo que significaría un tejido potencial para producir alrededor de 2,9 billones adicionales de células espermáticas por día (Coulter, 1991). Por lo tanto, mientras mayor sea el tamaño testicular, mayor será el potencial para producir más espermatozoides normales. En toros de carne se ha señalado que la calidad seminal incrementa con la CE, hasta que se alcanzan los 38 cm, a partir de allí, la mejora en la calidad seminal es poca o nula (Cates, 1975).

LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL Y SU RELACIÓN CON LA PUBERTAD

La medida de la CE es de particular importancia en los animales entre 12 y 24 meses porque es un buen indicador de pubertad. La pubertad se ha manifestado en 52% de los machos cuando la CE alcanza 28 cm y en el 92% cuando es de 30cm (Spitzer y Hopkins, 1997, Madrid-Bury *et al.*, 1998). Toros mestizos a pastoreo con medición de la CE desde los 8 hasta los 24 meses de edad, alcanzaron la pubertad a los 14 meses con una CE media entre 22 y 23 cm, con un incremento promedio de 1cm de CE/mes (Aranguren-Méndez *et al.*, 1995), similar a los reportes previos (Tegegne *et al.*, 1991; Oyedipe *et al.*, 1981; Lunstra *et al.*, 1985; Madrid-Bury, 1998). En ensayos realizados en el Sur del Lago de Maracaibo con toretes de diferentes niveles de mestizaje *Bos taurus* x *Bos indicus* se han señalado medias de CE al momento de la pubertad de 22,9 y 24,3 cm con edades entre 15,8 y 17,2 meses (Madrid-Bury *et al.*, 1997).

En toretes Boran y mestizos Boran x Friesian se determinó la edad de pubertad a los 16,9 y 13,5 meses con CE entre 23,0 y 26,0 cm respectivamente (Tegegne *et al.*, 1991). En toretes 5/8 Brahman suplementados, la pubertad se alcanzó entre 18,7 y 19,4 meses de edad, con CE entre 24,4 y 22,6 cm para los suplementados y no suplementados (Rodríguez-Urbina *et al.*, 2002), mientras en toretes 1/2 Brahman se señalan variaciones en la CE al momento de la pubertad entre 22 y 27 cm, la cual se presentó entre los 15 y 18 meses de edad (Madrid-Bury *et al.*, 1993). Estos resultados indican una amplia variación en el tamaño testicular de los mestizos a la pubertad, y esta es una de las razones por las que la medida de la CE puede ser utilizada para predecir pubertad. Animales con pubertad temprana, entraran en servicio antes y se alargará su vida reproductiva, a la vez que se acorta el intervalo generacional.

Es importante resaltar que el incremento en el tamaño de los testículos y su funcionalidad se encuentra bajo la influencia de las hormonas gonadotrópicas y de la testosterona, de manera que, es importante diferenciar el crecimiento testicular estimulado por el crecimiento corporal y aquel estimulado bajo la influencia hormonal. Los

niveles de testosterona proveen información de la capacidad secretora que tiene el testículo y es un indicador directo de la sensibilidad de las células de Leydig a las gonadotropinas (Post *et al.*, 1987). En un ensayo realizado con toretes doble propósito 5/8 Holstein y 5/8 Pardo suizo, el incremento en los niveles de testosterona se inició a partir de los 8 meses de edad, incrementando desde 0,5 hasta 2,89-3,50 ng/ml cuando los toretes alcanzaron 24 meses de edad, con promedios de CE de 32 cm. El aumento en los niveles de testosterona fue de 0,1 ng/ml entre 8 y 14 meses, momento cuando se presentó la pubertad con concentraciones promedio entre 1,6 y 1,9 ng/ml y CE de 23 cm (Aranguren-Méndez *et al.*, 1995, 1997).

En animales 5/8 Brahman suplementados con yacija para estimular el desarrollo corporal, la pubertad se alcanzó entre 18,5 y 19,8 meses de edad con niveles de testosterona entre 2,2 y 3,3 ng/ml y CE entre 23,5, y 23,6 cm en los animales incorporados al ensayo en época seca y húmeda respectivamente (Rodríguez-Urbina *et al.*, 2002). Las diferencias significativas de las bajas concentraciones de testosterona en los toretes introducidos durante la calurosa época seca, se debió al efecto de las altas temperaturas a nivel del eje hipotálamo-hipófisis-gónada de los toretes, las cuales provocan estrés de larga duración lo que aumenta la secreción de la hormona cortisol por las glándulas adrenales, la que bloquea o disminuye la secreción de las gonadotropinas FSH y LH, ocasionando supresión momentánea de la síntesis de testosterona por el testículo (Garner y Hafez 1993).

No es recomendable seleccionar como reproductores a animales muy jóvenes, a pesar que tengan buena ganancia de peso; ellos aún no han producido cantidades elevadas de testosterona, lo suficientemente altas para influenciar el crecimiento, la función testicular y para alcanzar la pubertad. Un buen desarrollo corporal sólo, no garantiza que el animal tendrá un buen desarrollo testicular para cuando tenga entre 14-17 meses, que es la edad de pubertad de los mestizos DP (Aire y Akpokodje, 1975; Wildeus y Entwistle, 1983; Tegegne *et al.*, 1991; Madrid-Bury *et al.*, 1993, 1997; Aranguren-Méndez *et al.*, 1995, 1997). Siempre se deberá combinar la medida del peso de los animales jóvenes con la medida del diámetro testicular. Animales con CE de 27 cm ya han alcanzado la pubertad.

LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO CORPORAL

La relación de las variaciones del peso con la edad de los animales describe una curva sigmoidea en la que se evidencia que el peso durante la fase prepuberal es acelerado y en la postpuberal se hace lento (Owens *et al.*, 1993). A pesar de que la tasa máxima de crecimiento es definida genéticamente, está bien documentado que puede ser alterada por factores como la nutrición, enfermedades, épocas y hormonales (Rekwot *et al.*, 1988; Owens *et al.*, 1993). Cuando se evalúa la CE en toretes mestizos DP hay que tener en cuenta que la relación entre edad, peso y desarrollo testicular no parece ser tan estrecha como en los animales *Bos taurus* bien alimentados de climas templados (Entwistle *et al.*, 1980, Yañez *et al.*, 1997; Madrid-Bury, 1998). Esto se debe a las condiciones estresantes bajo las cuales son levantados los toretes mestizos, mantenidos a pastoreo y sin suplementación, en los que la influencia del desarrollo corporal parece ser más importante que la edad sobre el desarrollo testicular (Wildeus y Entwistle, 1982).

La producción diaria de espermatozoides y las reservas espermáticas gonadales de 4,2 y 16,5 billones reportadas para los toros *Bos taurus* lecheros a los 12 meses de edad, no fueron alcanzadas por los toretes *Bos indicus* y sus cruces, sino hasta los 30 meses de edad, que fue el momento cuando alcanzaron pesos mayores de 340 kg, que son los presentados por los *Bos taurus* cuando tenían 12 meses de edad. Se ha señalado que estas diferencias deben estar relacionadas con las variaciones ambientales a las que estuvieron sometidos los animales durante el ensayo, especialmente en lo referente a la alimentación, variaciones climáticas y ataques parasitarios (Wildeus y Entwistle, 1983).

Hay que prestar atención a la condición corporal de los animales jóvenes, especialmente de aquellos que se venden en ferias y exposiciones, pues los animales muy obesos podrían tener daños irreversibles en los testículos debido al acumulo de grasa en el escroto. Este acumulo interfiere con el mecanismo termorregulador del testículo, incrementando la temperatura testicular y como consecuencia no se desarrollaría una espermatogénesis normal. Estos animales por lo general tienen CE pequeñas ≤ 26 cm alrededor de los 24 meses. En toretes jóvenes con edades entre 12 y 24 meses alimentados con dietas altas en energía, la producción de espermatozoides estimada por las reservas epididimales estaba sustancialmente reducida, así como, la calidad del semen y la libido, independientemente de la edad de los animales (Coulter y Kozub, 1984; Coulter *et al.*, 1987; Coulter y Bailey, 1988). Al palpar el escroto de animales sobrealimentados, el autor ha observado que cuando hay mucha grasa acumulada, el cuello pierde su apariencia en botella, los bordes se observan casi rectos y los testículos no se desplazan con facilidad. En adición, estaría el efecto negativo del exceso de peso que recae sobre las pezuñas y las piernas, dos factores esenciales para el pastoreo y la monta.

El tamaño testicular continúa incrementando después de alcanzada la pubertad y está influenciado por la raza y el peso del animal (Cates, 1975; Coulter y Keller, 1982). En razas de climas templados, se han indicado incrementos en la CE de 2 y 3 cm entre el primer y segundo año de vida, sin embargo, esto no sucede en los animales DP en los que se han reportado incrementos de hasta 1,24 cm por mes desde el momento de haber alcanzado la pubertad a los 14 meses hasta los 24 meses de edad, señalándose incrementos en la CE desde los 23 hasta los 33 cm (Aranguren-Méndez *et al.*, 1997). Esta situación se ha observado en la mayoría de los más de 700 toretes con diferentes niveles de mestizaje *Bos taurus* x *Bos indicus* evaluados por los autores en la hacienda "La Esperanza" de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia, en los que se han observado incrementos de hasta 7cm en la CE, durante el mismo periodo de 14 a 24 meses. Este incremento va acompañado de un marcado aumento del peso corporal, siendo mucho menor el crecimiento de los testículos después de los 24 meses de edad. Es conveniente destacar que en muchos de esos toretes, no siempre los incrementos de peso se acompañaron con aumentos significativos en la CE (Madrid-Bury, datos no publicados).

Esta bien documentado que el desarrollo testicular en los animales cebú y sus cruces es más lento, por lo cual tienen tendencia a alcanzar pubertad y madurez sexual tardíamente siendo los testículos más pequeños que en toros de razas europeas (Pulido y Basurto, 1986; Muller, 1992). Un evaluador experto deberá tener en consideración estos argumentos al momento de aceptar como adecuado, el tamaño testicular del torete evaluado. Todo animal seleccionado como reproductor deberá tener al menos 30 cm de CE a los 24 meses. Hopkins y Spitzer (1997) aseguran que no se puede

aceptar un reproductor con una CE menor de 30 cm y eso se aplica incluso en las razas de menor estatura. En la hacienda “La Esperanza” donde se crían toretes mestizos para la venta, después de 20 años de selección de los machos por su valor genético y desarrollo corporal y testicular se ha establecido que todo torete seleccionado para la venta como reproductor deberá tener al menos 32 cm de CE a los 24 meses de edad. En el Cuadro 1 se presentan las CE de mestizos DP a diferentes edades y pesos corporales.

Cuadro 1
Edad, peso y circunferencia escrotal (CE) de machos *Bos Indicus*
y sus cruces en ambiente tropical

Raza o mestizaje	Edad (meses)	Peso (kg)	CE (cm)	Referencia
Brahman	24	327,5	31,8	Atencio, 1991
Brahman	17	470,0	35,9	Field <i>et al.</i> , 1982
1/2 Criollo x Brahman	24	242,0	28,0	Madrid-Bury, 1998
5/8 Pardo Suizo x cebú	24	377,8	31,8	Madrid-Bury, 1998
Boran x Friesian	23	293,0	28,0	Tegegne <i>et al.</i> , 1994
Boran	23	267,0	26,7	Tegegne <i>et al.</i> , 1994
Guzerat	13-15	248,9	20,9	Troconiz <i>et al.</i> , 1991
Guzerat	22-24	368,5	29,1	Troconiz <i>et al.</i> , 1991.
Nellore	13-15	229,1	18,9	Troconiz <i>et al.</i> , 1991
Nellore	22-24	283,1	25,9	Troconiz <i>et al.</i> , 1991
5/8 Holstein x cebú	14	224,0	23,0	Aranguren-Méndez <i>et al</i> 1995
5/8 Pardo Suizo x cebú	14	224,0	22,0	Aranguren-Méndez <i>et al</i> 1995
5/8 Brahman	18,7	267,9	24,4	Rodríguez-Urbina <i>et al.</i> , 1997
5/8 Brahman	19,4	229,2	22,6	Rodríguez-Urbina <i>et al.</i> , 1997
1/2 Holstein x Cebú	24	346,0	30,1	Yañez-Cuellar, 1997
5/8 Pardo Suizo x cebú	24	336,0	30,0	Yañez-Cuellar, 1997
5/8 Brahman x cebú	24	371,0	29,5	Yañez-Cuellar, 1997
Mestizo Cebú	18	236,9	23,8	Yañez-Cuellar, 1997

LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL ASOCIADA A LA HIPOPLASIA Y A LA DEGENERACIÓN TESTICULAR

Los toros con testículos pequeños para su edad, tienen una alta probabilidad de sufrir patologías testiculares. La hipoplasia testicular puede ser unilateral o bilateral y el semen producido por estos machos es de mala calidad (Madrid *et al.*, 1986, Urdaneta *et al.*, 1998). La incidencia de hipoplasia fue del 4,76%, después de haber realizado la evaluación del potencial reproductivo a 105 toretes DP (Madrid-Bury, datos no publicados). Urdaneta *et al.* (1998) realizaron estudios histológicos de testículos de 12 toretes 5/8 *Bos taurus* x Cebú de 24 meses de edad clasificados como cuestionables después de haber sido evaluado su potencial reproductivo. De los 3 toretes hipoplásicos, uno tenía hipoplasia total con CE de 16 cm y los otros dos, hipoplasia parcial con CE de 21 y 30 cm (Cuadro 2).

Los eyaculados de los animales con hipoplasia parcial mostraron una baja incidencia de espermatozoides normales y baja motilidad progresiva individual coincidiendo con otros reportes (Veeramachaneni *et al.*, 1986; Madrid *et al.*, 1986). Los toros jóvenes con hipoplasia parcial pueden producir espermatozoides y llegar a tener tasas de fertilidad cercanas a las logradas por toros muy jóvenes con testículos normales. Sin embargo, con el tiempo su fertilidad va disminuyendo o se vuelven estériles, debido a que los túbulos seminíferos tienden a sufrir degeneración más temprana y terminaran atrofiados (Humphrey y Ladds, 1975). Animales DP con CE < 20 cm a los 12 meses edad son sospechosos de tener hipoplasia, y deben ser eliminados como futuros reproductores.

La degeneración testicular se acompaña por una disminución de la CE y pobres características seminales. Se presenta como consecuencia de enfermedades infecciosas que cursan con fiebre o de algunas específicas que causan orquitis como es la brucelosis; también por traumas testiculares, elevadas temperaturas ambientales, desnutrición, isquemia por lesiones vasculares degenerativas, toxinas y deficiencias de gonadotropinas (Ladds, 1985). En el Cuadro 2 se muestran los diferentes grados de pérdidas del epitelio germinal de toretes DP diagnosticados con degeneración testicular a los 24 meses de edad; se aprecia que el daño es mayor en animales con CE \leq 30 cm, los cuales mostraban los testículos muy blandos a la palpación (Urdaneta *et al.*, 1998). Según Kumi-Diaka *et al.* (1979) la degeneración testicular en toros tropicales de diferentes razas varía entre 2,5 y 50%, siendo más común en los Cebú. En un estudio de morfometría e histología de testículos de toretes mestizos descartados como reproductores a los 18 meses de edad, se encontró 8,3% de toretes con hipoplasia, el 3% mostró degeneración testicular severa, siendo moderada en 58%, sin haber podido comprobar si era irreversible (Urdaneta *et al.*, 1998).

Cuadro 2
Grado de Pérdida del Epitelio Germinal (GPEG) en los testículos de toretes mestizos 5/8 Holstein y 5/8 Pardo Suizo (Modificado de Urdaneta *et al.*, 1998)

Toro	CE	Raza	Porcentaje de túbulos seminíferos por cada grado							GPEG
			0	1	2	3	4	4a	5	
1097	33,0	5/8 PS	45,5	38,1	7,3	2,4	6,3	0,2	0,2	21,6
1058	32,0	5/8 PS	22,0	62,5	14,6	0,8				23,5
2051	30,0	5/8 PS	32,6	51,0	11,3	2,6	2,3			22,5
1048	30,0	5/8 PS	47,5	37,1	9,3	1,6	2,6	1,3	0,3	19,3
2052	30,0	5/8 H	19,1	20,1	13,3	18,1	12,8	14,3	2,0	54,2
1074	29,0	5/8 H	3,6	29,2	24,4	20,9	15,5	2,0	4,2	56,8
1031	28,5	5/8 PS	42,0	37,2	5,7	2,5	11,3			26,8
2048	26,5	5/8 H	10,3	41,6	32,3	13,3	2,8			39,2
2046	21,5	5/8 H	4,5	11,5	14,6	15,6	4,8	49,1		75,6
1061	16,0	5/8 PS						100,0		100,0
1086*		5/8 H	9,7	28,0	11,4	30,0	20,3	0,6		56,1
2008*		5/8 H	55,0	23,4	3,4	1,7	5,4	8,0	1,3	23,5

* Criptorquidicos. CE Circunferencia Escrotal. GPEG= Grado de pérdida del epitelio germinal/100 Túbulos. Los grados 4a y 5 indican pérdida irreversible de la espermatogénesis.

LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL Y LA CALIDAD SEMINAL

La CE en los toretes DP ha sido relacionada con parámetros de calidad seminal. En la medida que incrementa la CE, incrementa la motilidad progresiva individual y los espermatozoides normales en los eyaculados, concordando con estudios realizados en toros puros de razas de leche y carne de climas templados (Raja y Rao, 1983; Galina y Arthur, 1991, Aranguren *et al.*, 1997, Madrid-Bury *et al.*, 1993, 1997). Sin embargo, es necesario poner mucha atención al tamaño testicular en los animales DP, pues son muchos los animales con testículos pequeños (CE=26-29 cm) a los que se les han colectado muestras de semen con aceptables valores de motilidad progresiva y porcentaje de espermatozoides normales (Madrid-Bury, 1998, Urdaneta *et al.*, 1998). Es importante resaltar que estos animales siempre tendrán producciones bajas de espermatozoides y es posible que sean subfértiles al ser sometidos a una moderada o alta presión de servicio. Se ha observado que toros con CE menor a 30 cm sólo lograron preñar 31% de las vacas (Smith *et al.*, 1981); al examen de la calidad seminal de los eyaculados, se observó alto porcentaje de espermatozoides con anomalías de cabeza y pobre motilidad individual, además de una baja concentración espermática.

La evaluación de la calidad seminal debe ser realizada por un experto pues requiere de experiencia y equipos especiales. En toretes mantenidos a nivel de campo generalmente los eyaculados se obtienen por electroeyaculación, de manera que los parámetros más importantes a evaluar son la motilidad individual y la morfología. Se ha reportado disminución en la fertilidad de toros adultos, en los que el número de espermatozoides con gota citoplasmática proximal incrementó en los eyaculados cuando la CE disminuyó de 36 a 32 cm durante el verano (Coulter y Kozub, 1989).

RELACIÓN DE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL CON LA FERTILIDAD DE LOS TOROS Y DE SU PROGENIE

Se ha señalado que la fertilidad de los toros incrementa con el aumento de la CE (Coulter y Kozub, 1989). El mayor beneficio a largo plazo que se puede obtener por usar en el rebaño toros con testículos grandes, es el efecto positivo que tiene sobre su progenie machos y hembras. Se han reportado correlaciones genéticas negativas de $r = -0,71$ entre el tamaño testicular y la edad de pubertad de las medias hermanas y de las hijas de los toros que tenían la CE superior al promedio recomendado para su edad y para la raza (Brinks *et al.*, 1978; King *et al.*, 1983). En otros estudios se han conseguido correlaciones positivas entre el tamaño testicular del padre con la tasa de preñez, la edad al primer servicio y al primer parto de las hijas (Toelle y Robison, 1985). Esto quiere decir, que si se utilizan toros reproductores con tamaño testicular por encima del promedio recomendado para su edad y la raza, se podrá contribuir a mejorar la reproducción de sus hijas, especialmente, porque alcanzarían la pubertad más temprano, ciclarían con regularidad, disminuyendo la edad al primer servicio y al primer parto, retornando más rápido al grupo de hembras servidas, tendrían mayor fertilidad y se esperaría que su vida productiva sea más larga.

Se ha especulado que los testículos grandes son el resultado de la producción por parte de la glándula, de un compuesto hormonal desconocido y que ese compuesto es heredado por las hijas del toro y expresado como pubertad temprana y alta fertili-

dad (Coulter, 1991). Las correlaciones genéticas negativas entre el tamaño testicular de un macho, expresado en su CE y las características reproductivas de su progenie indican, que por cada centímetro de incremento en la CE se puede tener un aumento de 0,25cm en la CE de sus hijos, mientras que las hembras pueden alcanzar la pubertad 3,86 días más temprano (Brinks, 1984; 1985). Aunque la fertilidad esperada de un toro incrementa con el tamaño testicular, el efecto sobre su fertilidad y la de su progenie no puede ser predicha a pesar de que se seleccionen machos con tamaño testicular en el extremo superior del rango para la raza. Por ejemplo, poco beneficio adicional se podría obtener en la selección de un toro con 40 ó 42 cm de CE (Coulter, 1991).

CONCLUSIONES

La fertilidad en un macho reproductor utilizado en monta natural es más importante que la fertilidad de cualquier hembra en forma individual en una finca. Es imperativo realizar la evaluación del potencial de fertilidad de todos los machos utilizados como sementales y muy especialmente de los jóvenes toretes, futuros reproductores del rebaño. Se ha discutido la importancia de la CE como método para medir indirectamente el peso testicular y para predecir con confianza la producción de espermatozoides y de la pubertad, la cual se consigue en toretes DP entre los 14 y 18 meses, con CE entre 23-27cm. La influencia que el peso corporal tiene sobre el desarrollo de los testículos es evidente y se deberá tomar en consideración aún más que la misma edad para evaluar en forma adecuada el desarrollo de los testículos. El tamaño testicular ha sido relacionado con la calidad del semen. La CE indica daños patológicos testiculares como la hipoplasia y la degeneración testicular. Se ha hecho referencia a los sementales con testículos grandes, los que influyen la fertilidad del rebaño y mejoran el comportamiento reproductivo de su progenie.

LITERATURA CONSULTADA

- Aire TA, Akpokodje TV. 1975. Development of puberty in the White Fulani (*Bos indicus*) bulls calf. Br Vet J 131:146-152.
- Almquist J, Amann R. 1961. Reproductive capacity of dairy bulls. II Gonadal and extragonadal sperm reserves as determined by direct counts and depletion trails, dimension and weight of genitalia. J Dairy Sci 44:1668-1778.
- Aranguren-Méndez J, Madrid-Bury N, González-Stagnaro C, Rincón E, Ramírez I, Quintero-Moreno A. 1995. Pubertad en toretes 5/8 Holstein y 5/8 Pardo Suizo. Revista Facultad Agronomía (LUZ) 12:393-407.
- Aranguren-Méndez J, Madrid-Bury N, González-Stagnaro C, Isea Villasmil W. 1997. Evaluación comparativa postpuberal de toretes mestizos 5/8 *Bos taurus*. 2. Comportamiento reproductivo. Arch Latinoam Prod Anim 5 (Supl 1):347-349.
- Atencio A. 1995. Evaluación Genética de la eficiencia reproductiva de toros Brahman usados en un programa de inseminación artificial. En, XI Cursillo sobre Bovinos de carne. (D Plasse, N Peña de Borsoti, J Arango (eds). Edic. UCV-FCV. 95-128.
- Brinks JS. 1984. Genetics aspects of reproduction in cattle. Proc. Purebred Breeder Symp. Texas A & M Univ. 6-10.
- Brinks JS. 1985. Genetics of fertility traits in bulls. Proc. Ann. Meet. Soc. Theriogenology. 56-64.

- Brinks JS, McInerney MJ, Chenoweth PJ. 1978. Relationship of age at puberty in heifers to reproductive traits in young bulls. Proc West Sect Amer Soc Anim Sci 29:28-39.
- Cates WF. 1975. Observations on scrotal circumference and its relationship to classifications of bulls. Proc. Ann. Meet. Soc. Theriogenology, Cheyenne, Wyoming. 29:28-35.
- Coulter G. 1991. Selection and management of the beef bull to optimize reproductive performance. Proc. 1st Intern Beef Sym. Great Falls. Montana January 15-17. pp 7.
- Coulter GH, Bailey DR. 1988. Epididimal sperm reserves in 12-months-old Angus and Hereford bulls. Effects of bulls strains plus dietary energy. Anim. Reprod Sci 16:169-177.
- CoulterGH, Keller,DG. 1982. Scrotal circumference of young beef bulls. Relationships to paired-testes weight, effect of breed, and predictability. Can J Anim Sci 62:133-139.
- Coulter GH, Kozub GC. 1984. Testicular development, epididimal sperm reserves and seminal quality. in two-years-old Hereford and Angus bulls. Effects of two levels of dietary energy. J Anim Sci 59:432-437.
- CoulterGH, Kozub GC. 1989. Efficacy of methods used to test fertility of beef bulls used for multiple-sire breeding under range condition. J Anim Sci 67:1757-1768.
- Coulter GH, Carruthers TD, Amann RP, Kozub GC. 1987. Testicular development, daily sperm production and epididmal sperm reserves in 15-months-old Angus and Hereford bulls. Effects of bulls strains plus dietary energy. J Anim Sci 64:254-260.
- Entwistle KW, Winanatea A, Horold, RG. 1980. Sperm production rates in *Bos indicus* strain bulls. Proc Aust Soc Anim Prod 13:68-70.
- Fields MJ, Hengits JF, Keneths W, Cornelisse KW. 1982. Aspect of sexual development of Brahman versus Angus in Florida. Theriogenology 18:17-31.
- Garnes D, Hafez E. 1985. Spermatozoa and seminal plasma. In, Reproduction in farm Animals. E Hafez (ed). 6th Edic. Lea & Febiger. Philadelphia. Cap.II (7): 165-187.
- González-Stagnaro C. 2001. Parámetros, cálculo se índices aplicados en la evaluación de la eficiencia reproductiva. En, Reproducción Bovina. C González-Stagnaro (ed). Fundación Girarz. Edic Astro Data SA. Maracaibo, Venezuela. Cap XIV:203-247.
- González-Stagnaro C, Goicochea LLaque J. 1980. Factores que afectan la fertilidad al primer servicio en vacas y su relación con las sucesivas inseminaciones. II Cong Venez Zoot. Guanare, Octubre 1980. pag 73 (Resumen).
- González-Stagnaro C, Madrid-Bury N. 2006. Evaluación de la fertilidad en los toros. Venezuela Bovina 70: 30-34.
- González Stagnaro C, González R, Senatore G. 1974. Aplicación de un programa de Lucha y Control de los problemas Reproductivos y evaluación de la eficiencia reproductiva (Sistema HRS) en hatos vacunos lecheros. Ciencias Veterinarias, LUZ. Maracaibo IV (4): 201-222.
- González-Stagnaro C, Madrid-Bury N, Goicochea-Llaque J., Rodríguez Urbina M.A. 2002. Metodología e Implementación del Control reproductivo bovino en Programas de Medicina de la Producción y Calidad Total. Revista Científica FCV-LUZ XII (6):730-741.
- González-Stagnaro C, Soto Belloso E, Goicochea Llaque J, González R, Soto Castillo G. 1988. Identificación de los factores causales y control del anestro, principal problema reproductivo en la ganadería mestiza de doble propósito. Publ. Premio Agropecuario, Banco Consolidado, Caracas, 90 pp.

- Humphrey JD, Ladds PW. 1975. A quantitative histological study of changes in the bovine testis and epididymis associated with age. *Res Vet Sci* 19:135-141.
- King RG, Kress DD, Aderson DC, Doornbos DE, Buferring PJ. 1983. Genetics parameters in Hereford for puberty in heifers and scrotal circumference in bulls. *Proc West Sect Amer Soc Anim Sci* 34:11-19.
- Kumi Diaka J, Nargaratutnan V, Rwaan JS. 1981. Seasonal and age related changes in semen quality and testicular morphology of bulls in a tropical environment. *Theriogenology* 30:127-133.
- Ladds PW. 1985. The male genital system. En, *Pathology of Domestic Animals*. Third edition. KBF Jubb, PC Kennedy, N Palmer. 8ed. Academic Press INC (London) LTD. Chapter V:409-459.
- Lean IJ. 2000. A Hazard analysis critical control points approach to improving reproductive performance in lactating dairy cows. *Elanco Animal Health Seminar*. Palmerston North. New Zealand.
- Lunstra DD, Gregory K, Cundiff LV. 1988. Heritability estimates and adjustment factors of the effects of bull age and age of dam on yearling testicular size in breeds of bulls. *Theriogenology* 30: 127-137.
- Madrid-Bury N. 1992. Desarrollo testicular y pubertad en toretes mestizos. En, *Ganadería Mestiza de Doble Propósito*. C. González-Stagnaro (ed). Edic. Astro Data, SA. Cap. XI: 234-245.
- Madrid-Bury N. 1998. ¿Son diferentes los toros mestizo de doble propósito?. En. *Mejora de la Ganadería mestiza de doble propósito*. Carlos González-Stagnaro, N. Madrid-Bury, E. Soto Belloso (ed). Edic.). Astro data, SA. Maracaibo-Venezuela. Cap. XXVI: 482-497.
- Madrid-Bury N. 2001. Evaluación de la aptitud reproductiva del toro. En, *Reproducción Bovina*. C González-Stagnaro (ed) Fundación Girarz. Edic. Astro Data, SA. Maracaibo-Venezuela. Cap. XVI: 264-279.
- Madrid-Bury N. 2005. Medida de la circunferencia escrotal. En, *Manual de Ganadería Doble Propósito*. C González-Stagnaro, E Soto-Belloso (eds). Ediciones Astro Data, SA. Maracaibo-Venezuela. VI (1):94-497.
- Madrid-Bury N, González R, Soto E, González-Stagnaro C, Aranguren-Méndez J. 1994. Circunferencia Escrotal, crecimiento y características seminales en toretes mestizos F1 (1/2 Brahman x 1/2 Holstein). *Rev Fac Agron (LUZ)* 11:127-136.
- Madrid-Bury N, Noguera E, Rincón I, Zambrano S, García N, Carrillo R, Rincón R. 1993. Scrotal circumference, body weight, puberty and seminal characteristics in 1/2 Brahman x 1/4 Brown Swiss x 1/4 native crossbreed young bulls. *Rev Fac Agron (LUZ)* 9:81-85.
- Madrid N, Ott RS, Rao Veeramachaneni DN, Perret DF, Vanderwert W, Willms CL. 1988. Scrotal Circumference, seminal characteristics, and testicular lesions of yearling Angus bulls. *Am J Vet Rec* 49:579-585.
- Madrid-Bury N, Pérez-Garnelo S, Oter M, Gutiérrez-Adán A, de la Fuente J. 2002. Determinación *in vitro* de la capacidad fecundante del semen congelado de toros de la raza Rubia Gallega. *Rev Científica FCV-LUZ* XII (6): 699-706.
- Morris D, Smith M, Parrish N, Williams J Wiltbank J. 1978. The effect of scrotal circumference, libido and semen quality on fertility of American Brahman and Santa Gertrudis bulls. *Proc Soc Theriogenology* 5:78-82.

- Muller E. 1992. Evaluación andrológica de toros bajo condiciones tropicales. Memorias IV Curso Internacional de Reproducción Bovina 168-184.
- Owens F, Dubeski P, Hanson C. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminant. *J Anim Sci* 71:3138-3150.
- Parkinson TJ. 2004. Evaluation of fertilidad and infertility in natural services bulls. *Vet J* 168: 215-229.
- Parkinson TJ, Vermunt JJ. 2000. Bull.management. *Proc Dairy Cattle Ass NZVA* 31: 81-97.
- Parkinson TJ, Vermunt JJ. 2001. Management the breeding bull. In *Proc sheep and Beef Ass NZVA* 17: 203-219.
- Perry V, Chenoweth P, Munro R. 1991. Patterns of development of gonads, sex drive, and hormonal responses in tropical beef bulls. *Theriogenology*. 35:473-486.
- Post TB, Christiensen HR, Seifer GW. 1987. Reproductive performance and reproductive traits of beef bulls selected for different levels of testosterone responses to GnRH. *Theriogenology* 27:317-328.
- Pulido VM, Basurto KV. 1986. Examen reproductivo de toros cebú. Memorias XII Congreso Nacional de Buiatría 614-618.
- Rekwot PI, Oyedipe EO, AKerejola O, Kumi-Diaka J. 1988. The effect of protein intake on body weight, scrotal circumference and semen production of Bujani bulls and their Friesian crosses in Nigeria. *Anim. Reperod. Sci.* 16:1-9.
- Royal M, mann, GE, Floint AP. 2000. Strategies for reversing the trend toward subfertility in dairy catle. *The Veterinary Journal*. 160:53-60
- Smith MF, Morris DL, Amoss, MS, Parish, NR, Williams, JD, Wiltbank, JN. 1981. Relationship among scrotal circumference, fertility, seminal quality and libido in Santa Gertrudis bulls. *Theriogenology*. 16:379.381.
- Spitzer, JC, Hopkins, Fm. 1997. Breeding soundness evaluations of yearling bulls. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 13:295-304.
- Tegegne, A, Dembarga, Y, Kassa, T, Franceschini, R. 1994. Effect of plane of nutrition and season on body and teticular growth and on semen characteristics in Boran and Boran x Friesian bulls in Ethiopia. *Anim. Reprod. Sci.* 36: 197-209.
- Tegegne, A, Entwistle, K, Mukasa-Mugerwa, E. 1991. A quantitative histological study of testicular and epididimal development in Boran and Boran x Friesian bulls in Ethiopia. *Theriogenology*. 35:991-1000.
- Toelle VD, Robinson OW. 1985. Estimates of genetics correlations between testicular measurements and female reproductive traits in cattle. *J Anim Sci* 60:89-100.
- Troconis J, Beltran J, Bastidas H, Larreal H, Bastidas P. 1991. Testicular development, body weight changes, puberty and semen traits of growing Guzerat and Nellore bulls. *Theriogenology* 38: 918-926.
- Urdaneta A, Madrid-Bury N, Rodríguez-Márquez J, Aranguren-Méndez J, Camacho J, González-Stagnaro C, Castejon O. 1998. Histopatología y morfometría de testículos en toros mestizos 5/8 Holstein y 5/8 Pardo Suizo a los 24 meses de edad. *Revista Científica FCV-LUZ*. VIII (2):163-176.
- Veeramachaneni Rao DN, Ott RS, Heath EH, McEntee K, Bolt DJ, Hixon JE. 1986. Pathophysiology of small teste in bulls: Relationships between scrotal circumference, histopathologic features of testes and epididymides, seminal characteristics and endocrine profiles. *Am J Vet Res* 47: 1988-1999.

Wildeus S Entwistle K. 1982. Postpuberal changes in gonadal and extragonadal sperm reserves in *Bos indicus* strain bulls. *Theriogenology* 17:655-667.

Wildeus S Entwistle K. 1983. A quantitative histological study of testicular and epididymal development in *Bos indicus* cross bulls. *Anim Reprod Sci* 6:1-8.

Yañez-Cuellar L. 1997. Parámetros genéticos de caracteres reproductivos y del peso corporal de toretes mestizos. Tesis de Mg Sc. Posgrado de Producción Animal, Facultad de Agronomía, LUZ. 129 pp.

Yañez-Cuellar L, Madrid-Bury N, Contreras-Duran R, Rincón-Urdaneta E. 1997. Relaciones de la circunferencia escrotal con la edad y peso corporal en toros mestizos. *Arch Latinoam Prod Anim* 5 (Supl. 1): 479-481.