

POTENCIAL REPRODUCTIVO DEL TORO. EVALUACIÓN SEMINAL Y PRODUCTIVIDAD DEL GANADO

Bull breeding soundness, semen evaluation and cattle productivity
P.J. Chenoweth., F.J. McPherson

RESUMEN: La evaluación del potencial reproductivo en el toro (BBSE), ha evolucionado como un procedimiento veterinario costo-efectivo, el cual otorga beneficios tales como: disminución del riesgo de emplear machos infértiles, mejoramiento en el uso estratégico de los toros, aumento en la fertilidad del rebaño así como mayor eficiencia económica. Cuando se realiza de manera correcta, el análisis del semen es un componente importante de la BBSE, en la actualidad la tercera parte de los laboratorios de andrología están de acuerdo con esta premisa. La combinación de exámenes físicos y reproductivos (incluyendo la medida de la circunferencia escrotal) mas el análisis seminal, contribuyen ampliamente en el mejoramiento de la fertilidad y los resultados económicos alcanzados por una explotación ganadera, además de aumentar el entendimiento de los factores que afectan la fertilidad en el ganado. Lamentablemente a pesar de las ventajas de realizar la BBSE tanto en ganaderías de carne como de leche, en los países en desarrollo, esta herramienta no se emplea de forma masiva como en aquéllos países de reconocida potencia ganadera (USA, Australia, Argentina y Brasil).

Introducción

En la actualidad, los veterinarios disfrutan de una gran cantidad de información sobre la fertilidad y las funciones reproductivas del toro, a manera de revisión, la literatura señala los trabajos pioneros realizados en la Universidad de Cornell (Williams, 1909; Williams y Savage, 1925) y en Suecia (Lagerlof, 1936). Posteriormente a los trabajos mencionados, el interés por el desempeño reproductivo del toro aumento gracias a una serie de eventos importantes: el rápido desarrollo de la tecnología de inseminación artificial (IA) usando semen congelado, el primer congreso internacional sobre reproducción animal e inseminación artificial (realizado en Milan en 1948) y la implementación en Colorado de programas de pruebas con el propósito de evaluar los toros en condiciones de campo (Carroll *et al.*, 1963). En primer término los procedimientos y evaluaciones estandarizadas para realizar las BBSE, fueron implementados por el precursor de la sociedad americana de teriogenología (SFT) (Chenoweth *et al.*, 2010), estas técnicas y procedimientos se han ido modernizando para poder ser usadas acorde a los cambios manifestados en el área de la andrología (Norman *et al.*, 2004). Actualmente, los diferentes sistemas de evaluación que hay, coinciden en realizar un examen físico sistemático enfocado en la fisiología reproductiva, además de incluir el análisis seminal, el cual consta de las evaluaciones de la movilidad y morfología de los espermatozoides (Chenoweth *et al.*, 2015). Dadas las condiciones técnicas y las necesidades de las explotaciones ganaderas, también se pueden incluir, pruebas de diagnostico de enfermedades de interés reproductivo y evaluar la libido del toro así como su habilidad de monta (Chenoweth *et al.*, 2015).

Diferentes estudios realizados en una gran variedad de lugares con características ambientales diversas, indican que aproximadamente del 65-85% de los toros sometidos a una BBSE resultan clasificados como “reproductores potenciales satisfactorios” (Carroll *et al.*, 1963; Williams 2013; Chenoweth, 2015). Sin embargo, lo anterior puede variar por diferentes razones, entre las que destacan: la edad, el genotipo, la genética, el medio ambiente, el manejo,

los programas de selección y los criterios empleados por la metodología que se use al momento de realizar la BBSE (Vale Filho *et al.*, 1980; Fields *et al.*, 1982).

En cuanto a la productividad y fertilidad de los rebaños bovinos, la literatura especializada, registra abundante evidencia del papel positivo desempeñado por el uso de la BBSE (Chenoweth, 2000, 2015). Por ejemplo, un estudio realizado en Texas concluyó que los toros que pasaron una BBSE conjuntamente con las pruebas de calidad seminal, presentan un 6% de mayor fertilidad en comparación con los toros no evaluados. Diferencias mayores podrían ser esperadas, cuando la comparación se realiza frente a toros que no aprueban la BBSE. Un estudio multi-toro realizado en el Norte de Australia, reporto mayor tasa de nacimientos de terneros, cuando los toros usados tenían una morfología espermática normal mayor al 70%; por otra parte, cuando el porcentaje de espermatozoides normales era inferior al 50%, la tasa de los nacimientos disminuyó. En consecuencia los autores concluyeron, que la calidad seminal y en particular el porcentaje de espermatozoides morfológicamente normales, está relacionado de manera consistente con la producción de terneros (Fitzpatrick *et al.*, 2002).

De igual forma la implementación de la BBSE ha demostrado beneficios económicos, por ejemplo Meganasi *et al.*, (2011), investigando el impacto económico de realizar la prueba de BBSE en ganaderías de carne en Brasil, estimo que este procedimiento tiene una razón de beneficio/costo aproximada de 36:1. Resultados similares fueron reportados en los Estados Unidos, donde la razón beneficio/costo fue de 17:1 aproximadamente. (Chenoweth, 2000). En cuanto a las ganaderías de leche que usan monta natural, la razón beneficio/costo de eliminar los toros infértiles fue de 14:1 (Dwyer, 2013).

La importancia de la evaluación seminal

Desde 1950, la evaluación seminal del toro es un componente principal de la BBSE, esto fue posible gracias al surgimiento de electro-eyaculadores confiables, los cuales permiten realizar, la colección seminal de manera rutinaria y segura, a partir de toros difíciles de manejar. Aunque en la actualidad se ha enfatizado tanto en la evaluación de la concentración espermática, así como en la estimación de los porcentajes de espermatozoides vivos y muertos, la movilidad y la morfología continúan siendo las características más importantes cuando se realiza el análisis seminal de un toro. Los veterinarios australianos especialistas en ganadería, señalaron la importancia de la morfología espermática dentro del esquema de la BBSE (Beggs, 2013). Si se toman las precauciones necesarias y realizan las preparaciones adecuadas, tanto la movilidad y la morfología espermáticas pueden ser evaluadas de manera confiable en condiciones de campo (Chenoweth *et al.*, 2010; Beggs, 2013). Sin embargo, para mayor confiabilidad, están disponibles tecnologías más sofisticadas tales como: el análisis seminal asistido por computadora (CASA), así como la microscopía de contraste de interferencia diferencial (DIC) (Lorton, 2014). En ese sentido, los laboratorios que cuentan con este tipo de tecnología, están en capacidad de ofrecer servicios tales como:

1. Evaluación de la morfología espermática.
2. Evaluación y certificación de calidad seminal tanto para el semen congelado como refrigerado.
3. Investigación de problemas de fertilidad.
4. investigación clínica.
5. Entrenamiento de personal para la industria de la IA.

Con respecto a la evaluación de la morfología espermática, se debería hacer énfasis en el progreso alcanzado, en cuanto a la patogénesis, clasificación y significado de los diferentes tipos de defectos espermáticos encontrados en los toros (Brito, 2014). Aunque una explicación exhaustiva está lejos del alcance de esta revisión, la descripción de las categorías de defectos espermáticos compensables y no compensables (Saccke, 2008) es relevante dentro del contexto actual; los defectos espermáticos compensables son aquellos que comprometen que el espermatozoide alcance el sitio de la fertilización; por su parte los defectos espermáticos no compensables, corresponden con las anomalías asociadas post-fertilización, las cuales pueden afectar la calidad de los embriones o causar su pérdida. Para funcionar como referencia, los laboratorios de andrología necesitan ofrecer servicios objetivos y validados, tanto a los veterinarios como a la industria de reproducción animal (Chenoweth, 2008). Lorton (2014) suministra una descripción del tipo y nivel de servicios que debe ofrecer un laboratorio de andrología animal.

Estudios y ensayos que demuestran el valor de la BBSE y de la evaluación seminal

Los ejemplos referenciados abajo, buscan ilustrar el alcance y las contribuciones que la BBSE y el análisis seminal tienen sobre diversas áreas. Estos ejemplos comprenden, sondeos de datos, así como resultados de estudios, en los cuales la BBSE y los laboratorios de andrología han contribuido para mejorar la fertilidad y productividad del ganado.

Muestreo de semen de toro en un laboratorio de andrología durante un periodo de cuatro años

El estudio en cuestión, fue realizado por un laboratorio de andrología animal ubicado en Australia, en ese sentido se analizaron muestras de semen fresco (n=45759) las cuales fueron fijadas, en una solución salina bufferada con 5% de formol, también se evaluaron muestras de semen congelado (n=3463) tanto en pajuelas de 0,25 y 0,5 mL, la duración del muestreo comprendió un periodo de cuatro años. En las muestras congeladas usando un sistema CASA (versión IVOS 12.4), se evaluó: la motilidad espermática total (TM), la motilidad progresiva (PM) y la concentración (CON). En cuanto a la morfología espermática fue evaluada mediante el conteo de cien espermatozoides previamente fijados, la observación se hizo usando DIC a un aumento de 1000x; las categorías usadas para calificar la morfología fueron: % de espermatozoides normales (N), gotas proximales (PD), gotas distales (DD), cabezas anormales (HD), piezas medias anormales (MD), colas anormales (TL), acrósomos anormales (ACR), cabezas desprendidas y acrósomos intactos (PIA). La integridad de membrana (estimación de los espermatozoides vivos y muertos) fue evaluada mediante la coloración de eosina-nigrosina usando microscopia de campo brillante a 400 o 1000x. Los niveles de

aceptación fueron de 70% de espermatozoides normales y de 30% de motilidad progresiva. Para el semen descongelado, el laboratorio estableció como los valores recomendados para motilidad en 30%, en cuanto la morfología se considero como satisfactorio el 70% de espermatozoides normales, mientras que el valor mínimo sugerido se ubico en 60%. En cuanto a la dosis espermática efectiva (ESD por sus siglas en ingles) se expresa de la siguiente manera (ESD)= $5-15 \times 10^6$ de espermatozoides motiles y normales. ESD básicamente representa el número de espermatozoides por dosis. Por ejemplo, si una pajuela contiene 25 millones de espermatozoides con un 50% de movilidad a la descongelación, entonces se puede inferir, que la ESD está alrededor de los 12.5 millones de espermatozoides. Por otra parte una estimación más segura de la ESD, se puede obtener multiplicando el valor de los espermatozoides móviles post-descongelación, por la proporción de espermatozoides libres de defectos no compensables, sin embargo esto es más difícil de establecer.

En el trabajo en cuestión, los resultados de la categorización de la morfología se presentaron de la siguiente forma: 75% de los toros presento una morfología satisfactoria, 12% obtuvo el valor mínimo requerido mientras que un 13% presento una morfología espermática no satisfactoria. El análisis del semen descongelado, revelo que un 54% de las muestras tenía una ESD dentro del umbral recomendado, un 20% estaba por debajo, mientras que un 26% presentaba valores superiores.

Una revisión de datos de BBSE en Australia

El software desarrollado por los Veterinarios de Ganado Australianos (BullReporter II™; Norman *et al.*, 2004), fue usado para registrar y caracterizar los resultados presentados, además de servir para crear certificados idóneos. Por otra parte Beggs (2014) suministro, los resultados de una revisión que incluyo los exámenes (realizados por 50 veterinarios) de aproximadamente 17000 toros.

Esta revisión suministro información útil, para los médicos veterinarios de Australia que busquen conocer sobre la implementación de BBSEs. En los 17000 exámenes realizados, un total de 24 razas estuvieron representadas, siendo las razas de carne las más presentadas. Además, hubo una distribución amplia de las edades de los toros (< 1 año a > 15 años), siendo la mayoría menores de 3 años de edad. Aunque los datos recolectados no fueron apropiados para análisis de profundidad, fue interesante observar que los toros con circunferencias escrotales comprendidas entre 31 a 44 cm, tenían más probabilidades de presentar un espermigiograma satisfactorio.

Realización de BBSEs en toros de razas lecheras en Tasmania

Antes del periodo de apareamiento, el estudio en cuestión evaluó toros pertenecientes a 16 diferentes razas lecheras (Dwyer, 2013). El semen fue

TABLA 1

CATEGORIAS DE RIESGO PARA TOROS DE RAZA LECHERA		
CATEGORIA DE RIESGO	NUMERO DE TOROS	PORCENTAJE TOTAL
Testículos anormales.	7	4.8
Pezuñas y piernas.	2	1.4
Problemas de pene.	41	27.9
Motilidad.	16	10.9
Morfología.	63	42.9
Temperamento.	6	4.1
Fallas al eyacular.	10	6.8
Otras.	2	1.4

colectado mediante la técnica electroeyaculación y la muestra seminal llevada a un laboratorio de andrología animal, donde mediante la coloración de eosina-nigrosina se observó la morfología y se determinaron los porcentajes de vitalidad espermática. Los resultados son presentados en la Tabla 1.

En este estudio de 221 toros evaluados, aproximadamente la mitad (49.8%), fueron clasificados como infértiles o subfértiles, siendo la morfología el factor determinante. La prueba de BBSE reportó que 52 toros (23.5%), fallaron la prueba o estaban en alto riesgo de no cumplir con los mínimos requeridos, se consideró que estos dos grupos, no eran confiables para ser usados en el siguiente periodo reproductivo. Por otra parte 58 toros alrededor del (26.2%) fueron ubicados dentro de una categoría denominada "qualified pass"; se concluyó que los toros pertenecientes a dicha categoría, no podían ser recomendados para rebaños uni-toro o debían ser evaluados de forma más precisa para poder concluir sobre su capacidad de monta. De manera general, se consideró que 110 de los toros (49.8%), eran infértiles o sub-fértiles.

Resultados de capacidad reproductiva en toros de un año de edad

En un centro de producción animal ubicado en Nebraska (USA) Ellis *et al.*, (2005), usando toros de un año de edad, se realizó un estudio de observación, con el propósito de registrar el desempeño en monta natural, todos los toros incluidos en ese estudio pasaron de forma satisfactoria el examen de BBSE. Se utilizaron 74 toros cruzados, entre cuales la diferencia de edad no superaba los dos meses. Durante un periodo de apareamiento de 63 días, los grupos de monta conformados por 6 a 10 toros, fueron rotados a intervalos de 14 días entre tres rebaños compuestos por 191 a 196 vacas. En condiciones de pastura similar, se mantuvo un grupo control compuesto de 14 toros, los cuales no se aparearon durante el periodo de estudio. Cabe señalar que a todos los toros incluidos, se les realizó un examen de BBSE antes del periodo de monta, una vez finalizado el trabajo de los toros en potrero, todos los toros incluido el grupo control, fueron sometidos nuevamente a un examen de BBSE. Al día 63 del periodo de estudio, los 57 toros empleados para monta (used for breeding: UFB), presentaron pérdida de peso (-77 kg), además de disminución en la condición corporal la cual cayó de (6 a 4.5) aproximadamente, en cuanto a la circunferencia escrotal este valor también disminuyó (-4.6%). En cuanto a los toros del grupo control (no used for breeding: NUB), estos presentaron aumento de peso (+27 kg) y de circunferencia escrotal (+2.5%), mientras que la condición corporal se mantuvo alrededor de (6). Se detectó injuria en la mayor parte de los toros UFB (75%), mientras que el (63%) de los toros UFB presentó cojera, finalmente el (12%) restante sufrió de alguna injuria de tipo reproductivo. Al final del periodo de monta únicamente el (45%) de los toros UFB estaba en pleno uso de su capacidad física. El porcentaje de toros que no pasaron el examen de BBSE se ubicó entre (98 a 61%), presentándose una asociación importante con el aumento de las anomalías espermáticas.

Relaciones genéticas entre las características reproductivas de machos y hembras

Varios trabajos (Brinks, 1994; Vargas *et al.*, 1998), confirman lo expuesto por Brinks *et al.*, (1978), los cuales describieron la asociación genética entre la medida de circunferencia escrotal a la pubertad y la edad a la cual las hembras

alcanzan la pubertad. Además está demostrada la relación entre la circunferencia escrotal y las características de calidad y cantidad seminal (Brinks,1994). Por otra parte, la medida de circunferencia escrotal, permite predecir de forma segura, la edad a la cual los toros alcanzan la pubertad, siendo notable, la similitud del valor de circunferencia escrotal alcanzado, entre las diferentes razas al momento de llegar a la pubertad (Lunstra *et al.*, 1978).

Evidencia de un defecto espermático de origen genético en ganado Angus

En ciertas líneas genéticas de ganado Angus, se identificó que el defecto espermático de protuberancia del acrosoma (knobbed acrosome KA), era un factor común en algunos casos de infertilidad o sub-fertilidad (Chenoweth, 2002, 2005). En la mayoría de los casos, los toros alcanzaron resultados satisfactorios para el examen de BBSE y en los análisis de la movilidad espermática post-descongelación; el proceso de congelación del material seminal, se había realizado en centros de inseminación artificial de reconocido prestigio. Las siguientes observaciones, permitieron sugerir una base genética para el origen del defecto de KA:

- a) Ciertas líneas de toros presentaron niveles consistentes para el defecto de KA.
- b) Los toros afectados presentaron por periodos de tiempo prolongados, niveles consistentes de KA.
- c) Los patrones de ocurrencia del defecto de KA sugieren un modo de herencia recesivo autosómico.

Discusión

Actualmente dentro de un contexto basado en evidencia creciente, se desarrollan y mejoran, los procedimientos y criterios idóneos para llevar a cabo la evaluación BBSE. Las investigaciones están animadas por la necesidad, de diseñar metodologías realizables desde un punto de vista logístico, además de ser económicamente viables. No obstante las limitaciones que puedan haber, actualmente se dispone de un sistema de evaluación relativamente rápido y económico, el cual ha conseguido considerable aceptación entre los ganaderos. Por otra parte es importante señalar, los beneficios asociados a la evaluación BBSE, entre ellos destacan las influencias genéticas positivas, que los toros tienen sobre las hembras emparentadas con ellos, estas mejoras potenciales vuelven este procedimiento más atractivo para los productores.

Sin embargo, aun todavía hay obstáculos, para garantizar que todos los toros destinados a la reproducción, sean sometidos a una evaluación BBSE. En muchos países, cuyas ganaderías aun emplean toros en servicio de monta natural, el procedimiento de BBSE aun no cuenta con la aceptación necesaria, en las ganaderías dedicadas a la producción de carne y mucho menos en las explotaciones de tipo lechero. En cuanto los países en desarrollo, se puede afirmar que presentan desafíos importantes, en la implementación de procedimientos de mejoramiento reproductivo tales como la evaluación BBSE (Chenoweth, 2012).

Los datos alcanzados en las investigaciones, son necesarios para suministrar indicadores de mejoramiento. Por ejemplo, aunque los parámetros usados pueden ser debatibles, el concepto de dosis espermática efectiva (ESD) en el semen congelado/descongelado, puede ser útil para los productores de semen

destinado a inseminación artificial. La importancia de la ESD, se debe a que la determinación del número de espermatozoides, representa una medida efectiva de la calidad seminal. Además, cuando se usa inseminación artificial, una ESD baja puede llegar a comprometer la fertilidad, mientras que una ESD alta podría incurrir en un uso anti-económico e ineficiente del material genético valioso.

A partir de BBSEs realizadas en Australia por Beggs (2014), se constató una observación interesante: un toro tiene mayor probabilidad, de tener un espermiograma normal, cuando su medida de circunferencia escrotal está entre 31 y 44 cm. Si asumimos que en una determinada población de toros, la circunferencia escrotal sigue una distribución normal (curva en forma de campana), no sorprende encontrar que aquellos toros ubicados en la parte baja de la curva, están relacionados con descensos en la calidad seminal y/o en la fertilidad (Brinks, 1994). De forma inversa se podría esperar, que los toros localizados en el extremo superior de la curva, deberían tener mayor calidad seminal y/o fertilidad, sin embargo esto no parece ser así, ya que este tipo de toros podrían presentar, afectación de la fertilidad y/o calidad seminal, esta aseveración fue observada por Coulter y Kozub (1989), además las investigaciones de Beggs (2014) también corroboran este comportamiento.

A pesar del importante uso de la inseminación artificial, para alcanzar progreso genético, aun la industria lechera emplea en gran medida toros para monta natural (Chenoweth, 2015). De manera general, la industria lechera ha descuidado, la apropiada selección y manejo de los toros destinados a monta natural (Chenoweth and Larsen, 1992; Chenoweth *et al.*, 2003). Por su parte Dwyer señala que la industria lechera tiene la necesidad de practicar un uso mayor de las evaluaciones BBSE. Es evidente que un conocimiento más amplio en las metodologías de BBSE y un mayor uso de estas tecnologías, evitarían una gran cantidad de problemas que afectan la productividad y fertilidad de los rebaños.

Como está ampliamente reconocido, existen implicaciones importantes, entre la medida de circunferencia escrotal y la edad a la cual las hembras emparentadas con los toros alcanzan la pubertad. Como ha sido demostrado, en vacas pertenecientes a razas productoras de carne, la pubertad temprana está conectada con una vida reproductiva más duradera y con mayor cantidad de libras de ternero producidas por vaca (Brinks, 1994). En consecuencia el uso de criterios de BBSE, para seleccionar toros en base a la medida de circunferencia escrotal -sin dejar de lado la calidad seminal- con seguridad mejorara la productividad y fertilidad de los rebaños.

Finalmente la relación de un defecto espermático de origen genético con la infertilidad o sub-fertilidad en toros Angus, ilustra el valor de complementar los datos de campo y de la evaluación BBSE, con los servicios ofrecidos por laboratorios de andrología con capacidades de investigación. Combinar estas capacidades permite exponer, las causas subyacentes y las soluciones, para un gran número de problemas de fertilidad que afectan a los rebaños productores de carne.

BIBLIOGRAFIA

Beggs, D.S., 2013. Veterinary Bull Breeding Soundness Evaluation. Australian Cattle Veterinarians, Queensland, Australia.

Beggs, D.S. 2014. Survey of bull reporter II results. Proceedings of the Australian Veterinary Association Annual Conference.

Brinks, J.S., McInerney, M.J., Chenoweth, P.J., 1978. Relationship of age at puberty in heifers to reproductive traits in young bulls. Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci. (pp.29:28).

Brinks, J.S., 1994. Relationships of scrotal circumference to puberty and subsequent reproductive performance in male and female offspring. In: Fields, M.M.J., Sand, R.S.(Eds.), Factors Affecting Calf Crop. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp.363–370.

Brito, L.F.C., 2014. Applied andrology in cattle (*Bos taurus*). In: Chenoweth, P.J., Lorton, S.P.(Eds.), Animal Andrology; Theory and Applications. CABI International, Wallingford UK, pp. 297–351.

Carroll, E.J., Ball, L., Scott, J.A., 1963. Breeding soundness in bulls—a summary of 10,940 examinations. JAVMA 142, 1105–1111.

Chenoweth, P.J., Larsen, R.E., 1992. Selection, use and management of natural service bulls. In: Van Horn, H.H., Wilcox, C.J. (Eds.), Large Dairy Herd Management. American Dairy Science Association, Champaign, Ill, pp. 209–218.

Chenoweth, P.J., Champagne, J.D., Smith, J.F., 2003. Managing Herd bulls on large dairies. Proceedings 6th Western Dairy Management Conference, 110s.

Chenoweth, P.J., Hopkins, F.M., Spitzer, J.C., Larsen, R.E., 2010. Guidelines for using the bull breeding soundness evaluation form. Clin. Theriogenol. 2 (1), 43–50 (Originally published by the Society for Theriogenology and the American College of Theriogenologists as Publication B-10 (7/93) in the Theriogenology Handbook).

Chenoweth, P.J., 2000. The breeding soundness evaluation of bulls: a rationale. Comp. Cont. Educ. Pract. Veterinarian 22 (2), S48–S55.

Chenoweth, P.J., 2002. Characterization of a possible genetic sperm defect (knobbed acrosomes) causing infertility in Angus cattle. Proc. Assoc. Appl. Anim. Androl., p38.

Chenoweth, P.J., 2005. Genetic sperm defects. Theriogenology 64 (3), 457–468.

Chenoweth, P.J., 2008. Andrology procedures and standards: a potential weak link in animal breeding. In: Proc. International Congress on Animal Reproduction, Budapest, Hungary.

Chenoweth, P.J., 2012. Reproductive science in the global village. *Reprod. Domest. Anim.* 47 (Suppl 4), 52–58.

Chenoweth, P.J., 2015. Bull health and breeding soundness. In: Cockroft, P.D. (Ed.), *Bovine Medicine*, 3rd ed. Wiley Blackwell, Sussex, UK, pp. 246–261.

Coulter, G.H., Kozub, G.C., 1989. Efficacy of methods to test fertility of beef bulls used for multiple sire breeding under range conditions. *J. Anim. Sci.* 67, 1757–1766.

Dwyer, C., 2013. Results of an investigation into dairy Herd bull fertility and management in Tasmania. In: Proc. Australian Cattle Veterinarians, Darwin, pp. 123–126.

Ellis, R., Rupp, G.P., Chenoweth, P.J., Cundiff, L.V., Lunstra, D.D., 2005. Fertility of yearling beef bulls during mating. *Theriogenology* 64 (3), 657–678.

Fields, M.J., Hentges Jr., J.F., Cornelisse, R.W., 1982. Aspects of the sexual development of Brahman vs Angus bulls in Florida. *Theriogenology* 18, 17–31.

Fitzpatrick, L.A., Fordyce, G., McGowan, M.R., Bertram, J.D., Doogan, V.J., DeFavieri, J., Miller, R.G., Holroyd, R.G., 2002. Bull selection and use in northern Australia: Part 2. Semen traits. *Anim. Reprod. Sci.* 71, 39–49. Lagerlof, N., 1936. Sterility in bulls. *Vet. Rec.*, 1158–1170 (xlvii).

Lorton, S.P., 2014. Evaluation of semen in the andrology laboratory. In: Chenoweth, P.J., Lorton, S.P. (Eds.), *Animal Andrology; Theory and Applications*. CABI International, Wallingford, UK, pp. 100–135.

Lunstra, D.D., Ford, J.J., Echtenkamp, S.E., 1978. Puberty in beef bulls: hormone concentrations, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of different breeds. *J. Anim. Sci.* 46, 1054–1062.

Menagassi, S.R.O., Barcellos, J.O.J., Lampert, V., Borges, J.B.S., Peripolli, V., 2011. Bioeconomic impact of bull breeding soundness examination in cow-calf systems. *Revista Brasileira Zootecnia* 40 (2), 441–447.

Norman, S., Fordyce, G., Beggs, D., 2004. Bull reporter: the development of a computerised system for the standardised recording and reporting of bull breeding soundness evaluation and semen morphology data. In: Proceedings of the Australian Cattle Veterinarians Conference, Canberra, pp. 47–53.

Vale Filho, V.R., Pinto, P.A., Megale, F., Fonseca, J., Soares, L.C.O., 1980. Fertility of the bull in Brazil. A survey of 1088 bulls and 17945 ejaculations from *Bos taurus* and *Bos indicus* and crosses under tropical conditions. *Proc 9th*

International Congress Animal Reproduction and A.I., Madrid, Spain, vol VI, pp 545–548.

Vargas, C.A., Elzo, M.A., Chase Jr., C.C., Chenoweth, P.J., Olson, T.A., 1998. 1998 Estimation of genetic parameters for scrotal circumference, age at puberty in heifers, and hip height in Brahman cattle. *J. Anim. Sci.* 76, 2536–2541.

Williams, W.W., Savage, A., 1925. Observations upon the seminal micropathology of bulls. *Cornell Vet.* xv, 353–375.

Williams, W.L., 1909. *Veterinary Obstetrics, Including Diseases of Breeding Animals and of the New-Born*. Published by author, Ithaca, NY.

Williams, J.H., 2013. Results of bull breeding soundness examinations from a UK farm practice. Lisbon, Portugal In: *Proc 27th World Buiatrics Congress*, 886, p.65 (Abst OC).

Wiltbank, J.N., Parrish, N.R., 1986. Pregnancy rate in cows and heifers bred to bulls selected for semen quality. *Theriogenology*, 779–783.