

RELACIÓN ENTRE CIRCUNFERENCIA ESCROTAL Y PARÁMETROS DE FERTILIDAD EN EL TORO: REVISIÓN

RELATIONSHIP BETWEEN SCROTAL CIRCUMFERENCE AND FERTILITY PARAMETERS IN THE BULL: REVIEW

Gilson Choez Ramirez ^{1*}

¹ Médico Veterinario. Maestría en Medicina Veterinaria, Mención Salud y Reproducción en Especies Productivas del Instituto de Posgrado de la Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2758-2062>. Correo: gchoez6685@utm.edu.ec

Juan José Zambrano Villacis ²

² Instituto de Posgrado. Universidad Técnica de Manabí. Docente-Investigador. Departamento de Ciencias Veterinaria de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2635-781X>. Correo: juan.zambrano@utm.edu.ec

Pablo Roberto Marini ³

³ Centro Latinoamericano de Estudios de Problemáticas Lecheras (CLEPL). Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario. Carrera del Investigador Científico (CIC-UNR). Argentina. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0826-0387>. Correo: pmarini@unr.edu.ar

* Autor para correspondencia: gchoez6685@utm.edu.ec

Resumen

La circunferencia escrotal (CE) es principal indicador del potencial de producción de espermatozoides, esta dimensión es utilizada para aumentar la capacidad reproductiva de los toros. La CE puede ser usada como criterio de selección de fertilidad en las ganaderías. El objetivo de la investigación es realizar una reseña sobre la importancia de la evaluación reproductiva del toro y correlación de la circunferencia escrotal con la calidad del semen. Se elaboró una revisión bibliográfica, para demostrar las principales ventajas del tamaño y peso testicular en toros jóvenes ya que está altamente correlacionado con la circunferencia escrotal, que es el principal indicador del potencial de producción de espermatozoides. Se concluyó que seleccionar toros jóvenes con una buena circunferencia escrotal tiene beneficios, ya que producen más semen de mayor calidad en comparación con toros de la misma edad, pero con testículos más pequeños.

Palabras clave: circunferencia escrotal; eficiencia reproductiva; semen; selección; heredabilidad; fertilidad; correlación

Abstract

Scrotal circumference (SC) is the main indicator of sperm production potential, this dimension is used to increase the reproductive capacity of bulls. SC can be used as a criterion for fertility selection in cattle farms. The objective of the research is to review the importance of reproductive evaluation of the bull and the correlation of scrotal circumference with semen quality. A bibliographic review was carried out to demonstrate the main advantages of testicular size and weight in young bulls since it is highly correlated with scrotal circumference, which is the main indicator of sperm production potential. It was concluded that selecting young bulls with a good scrotal circumference has benefits, since they produce more semen of higher quality compared to bulls of the same age, but with smaller testicles.

Keywords: Scrotal circumference; reproductive efficiency; semen; selection; heritability; fertility; correlation

Fecha de recibido: 14/04/2024

Fecha de aceptado: 28/06/2024

Fecha de publicado: 09/07/2024

Introducción

El primordial indicador y de gran importancia para la selección de un toro como reproductor, es la circunferencia escrotal (CE). El tamaño de los testículos obtiene relevancia debido a su alta repetibilidad y heredabilidad que se correlaciona con el peso del parénquima testicular ($r = 0,95$), y está directamente vinculado con la producción potencial de células espermáticas e influye en la maduración sexual más precoz de sus hijos (machos y hembras), lo que define que sea causa de mayor consideración en valoración y selección de reproductores, siendo una medida simple y de bajo costo (Vera *et al.*, 2022).

El parámetro de calidad del semen es considerado como el indicador de fertilidad más importante de los toros, una mala calidad del semen es una de las causas primordiales del fracaso de la concepción de la vaca, lo que afectaría la producción y la conducta reproductiva del hato (Ahirwar *et al.*, 2018). La selección de los toros debe fundamentarse en los resultados de una valoración de la solidez de la reproducción, entre ellas debería incluirse la capacidad de monta, desarrollo testicular, calidad del semen y a la facultad de producir espermatozoides aptos para realizar la fecundación (Ibrahim y Hurish, 2016). Las cualidades reproductivas de los toros se obtienen con la edad, consiguiendo mayor peso, circunferencia escrotal y calidad del semen (Pérez *et al.*, 2014).

Las mediciones testiculares a temprana edad son muy beneficiosas en la selección del toro como reproductor para recolectar semen con fines de inseminación artificial o toros que son destinados para monta natural. Los

indicadores más relevantes son diámetro testicular, longitud testicular, volumen testicular y circunferencia escrotal (Perumal, 2014).

La elección del toro como reproductor depende de tamaño testicular y también de la precocidad sexual (Ahmad *et al.*, 2010). La pubertad se inicia, cuando un eyaculado logra contener $> 50 \times 10^6$ espermatozoides con $> 10\%$ de espermatozoides móviles. Y la madurez se define como la primera vez que un eyaculado contiene $> 30\%$ de espermatozoides móviles y $> 70\%$ de morfología normal (Brito *et al.*, 2012).

En comparación entre las razas *Bos indicus* y *Bos taurus*, el primero logra la pubertad a un mayor peso y edad a diferencia de su equivalente. Toros *Bos indicus* criados en el trópico con una buena alimentación, alcanzan la pubertad a una edad media de 16 meses, circunferencia escrotal (CE) de 27 – 29 cm (Céspedes, 2018).

Es preciso saber los parámetros genéticos (heredabilidades y correlaciones genéticas) comprometidos en la estimación genética de los animales como también en la selección (Siqueira *et al.*, 2013). Para obtener una mayor precisión en la evaluación de la capacidad reproductiva de los toros y principalmente fundamentado en la medición de la CE, las comparaciones se deben realizar dentro del mismo grupo de edad, raza, y época (Loaiza *et al.*, 2013).

Un factor significativo en la selección es el ambiente, ya que es esencial para que el transcurso de selección produzca resultados satisfactorios, la interacción genotipo $\times$ ambiente ($G \times E$) se produce cuando las diferencias de rendimiento entre un conjunto de genotipos varía según el medio (Chiaia *et al.*, 2015).

El objetivo de este estudio es ofrecer una revisión bibliográfica actualizada sobre la importancia acerca de la circunferencia escrotal y parámetros de fertilidad del toro.

Materiales y métodos

Se realizó búsqueda de información sobre la circunferencia escrotal y fertilidad, que incluyen artículos publicados en inglés, español, y portugués. Para la investigación sobre el tema se usaron mecanismo de búsqueda como Google Scholar, revistas indexadas y Research Gate. Para el seguimiento de la información se usaron palabras claves como: Circunferencia escrotal, fertilidad, calidad seminal. Los artículos elegidos fueron seleccionados por la relevancia, relación e información actualizada.

Resultados y discusión

La fertilidad de los toros está reflejada por la circunferencia escrotal, es decir, es el principal indicador genético en los programas de selección, su heredabilidad permite mejorar parámetros reproductivos en machos y hembras. La circunferencia escrotal se determina como el tamaño testicular expresado en cm, y se relaciona con la cantidad de epitelio seminífero presente en el parénquima testicular (Espitia *et al.*, 2017). Se mide fácilmente a diferentes edades estandarizadas, a bajo costo, y de forma confiable; y se han detallado correlaciones genéticas con variables de crecimiento y de calidad de la canal (Sigala *et al.*, 2017); asimismo tiene una correlación positiva con la elaboración diaria de esperma y las reservas de esperma epididimaria (Kumar *et al.*, 2015). Igualmente se ha correlacionado efectivamente con espermatozoides vivos por eyaculación, motilidad y concentración de espermatozoides y por último se ha correlacionado en forma

negativa con edad en la pubertad en machos, edad al primer parto y tasa de preñez en hembras (Bonamy *et al.*, 2018).

La circunferencia escrotal con dimensión normal son altamente repetible y una excelente insignia para revelar el potencial productor de células espermáticas en toros. Está en gran medida correlacionada con el peso del parénquima testicular ($r = 0,95$) y se asocia directamente con la producción potencial de espermatozoides (Holgado y Ortega, 2015), y de acuerdo a varias citas bibliográficas describen que la medida usual para un toro que va a ser seleccionado como reproductor debe tener una CE de >35 cm (Eriksson *et al.*, 2012).

Las mediciones testiculares de los machos dependen de varios elementos tales como: edad, raza, peso corporal, nivel de la dieta y ambiente (Ramírez *et al.*, 2016). Un claro ejemplo de la dependencia a otros factores es que los toros criados en territorios de clima templado tienen una mayor CE y consiguen la pubertad a menos edad en paridad a los criados en ambientes tropicales; y los toros de razas tolerantes al calor, ya sean *Bos indicus* o *Bos taurus*, tienen una menor tasa de desarrollo testicular y una mayor edad a la pubertad. Adicionalmente los animales con mayor ganancia de peso tienen mayor CE (Nava *et al.*, 2017). La medición de la CE entre los días 365 y 450 días son empleados como método de selección para aumentar la eficiencia reproductiva de los bovinos, son de fácil medición y presentan heredabilidades medias a altas (Silva *et al.*, 2019).

La fertilidad de los toros puede verse influenciado perjudicialmente por varias causas, incluidos factores ambientales y nutricionales. Los diferentes niveles nutricionales y condición corporal afligen los parámetros de fertilidad de los toros. En la época reproductiva debido al apareamiento y a la reducción del consumo de alimento, los toros pueden disminuir una medida importante de peso (45 a 135 kg) La limitación de nutrientes perjudica de forma negativa la fertilidad, a través de una disminución de desarrollo testicular, descenso del libido, reducción de la motilidad progresiva hacia adelante e incremento de defectos morfológicos, también afecta en las poblaciones de células intersticiales, de Sertoli y de Leydig, lo que altera la esteroidogénesis testicular y la espermatogénesis. Así mismo la sobrealimentación perjudica el rendimiento reproductivo. Los aumentos de niveles de ingesta disminuyen el volumen de eyaculación y espermatozoides, concentración, motilidad y morfología de los espermatozoides y también una alteración hormonal (Harrison *et al.*, 2022).

Relación entre la circunferencia escrotal y la fertilidad femenina

La circunferencia escrotal es una medida del desempeño reproductivo que se usa comúnmente como criterio de selección porque es fácil de medir, se hereda fácilmente y se correlaciona positivamente con la producción y la calidad del esperma (Boligon *et al.*, 2018). Se afirma que los toros seleccionados con gran circunferencia escrotal contribuyen a optimar la reproducción en sus hijas, principalmente por que llegarían a una pubertad precoz, ciclarían de forma constante, acortando la edad al primer servicio y al primer parto, volviendo al grupo de hembras de servicio de forma más rápida, mayor fertilidad, y por consiguiente una vida reproductiva prolongada (Madrid y González, 2015).

En otro estudio realizado por (Silva *et al.*, 2012), se determinó que las correlaciones genéticas entre CE, precocidad sexual y longevidad reproductiva en hembras bovinas, con importancia de media a alta, admiten gran consideración, ya que señalan que la selección de machos con mayor tasa de CE repercutirá en mayor proporción de hembras precoces sexualmente y longevas en el rebaño. Por lo tanto, la aceptación de la

circunferencia escrotal como criterio de selección permite la búsqueda del mejoramiento de la fertilidad en ambos sexos.

Acuña, (2012) sobre la correlación entre circunferencia escrotal y la entrada a la pubertad de las hijas de esos toros, confirma que por cada centímetro de CE, sus hijas o hembras emparentadas con él, llegarán a la pubertad de tres o cuatro días precedentemente. Por lo tanto, dispondrán de hijas que ciclen primero, todo esto se debe a que los toros habían pasado primero la barrera de los 30 cm, aquellos con testículos más reducidos tuvieron hijas que llegaban al ciclo posteriormente.

La elección de toros con una considerable circunferencia escrotal da como rendimiento tasas elevadas de preñes de novillas a los 18 meses y edad al primer parto más precoz. Por lo tanto, se estima que el empleo de la circunferencia escrotal como método de selección en toros jóvenes tenga un impacto positivo en hembras (Terakado et al., 2015).

Calidad seminal

La calidad seminal es uno de los estudio más utilizados en la clasificación de los machos para el servicio de inseminación artificial (IA) y monta natural (Tamayo, 2013). La estimación de la calidad seminal posibilita identificar una manifestación de la fisiología o de las alteraciones del aparato reproductor masculino en particular en el proceso de la espermatogénesis (Ormachea *et al.*, 2019) y si hay anomalías en su conducta sexual (Vélez; Rugeles y Vergara, 2014).

Otros rasgos vinculados a la función reproductiva y medibles anteriormente de la pubertad en toros jóvenes incluyen las hormonas sanguíneas circulantes (inhibina, hormona luteinizante (LH) y factor de crecimiento similar a la insulina-1 (IGF-I)), estos pueden potencialmente pronosticar la capacidad reproductiva de los toros (Corbet *et al.*, 2013). La condición del semen se ve afectada por muchas causas, incluidos los factores genéticos y no genéticos. Los factores genéticos son rasgos hereditarios y son complejos de controlar en un corto período de tiempo (Ahirwar *et al.*, 2018), incluyen la edad del toro, el intervalo de recolección, la frecuencia de recolección y la endogamia (Silva *et al.*, 2013).

Nutricionalmente ya sea por disponibilidad y movilización de nutrientes en el organismo también afectan la calidad, primordialmente en la espermatogénesis y deteriorar las características microscópicas del semen (Rugeles *et al.*, 2012). El estrés por calor tiene un impacto directo e indirecto en consecuencias negativas en el semen, que integran un conteo reducido de espermatozoides y evento de esterilidad de verano, altos porcentajes de espermatozoides anormales, volumen y concentración (Al-Kanaan *et al.*, 2015) los niveles de melatonina también afectan el proceso de espermatogénesis (Murphy *et al.*, 2018).

Características macroscópicas

Las características macroscópicas que se evalúan de carácter frecuente en el semen de los bovinos son: olor, color y volumen. Algunos exámenes también evalúan el aspecto y la densidad macroscópica del semen (Paez y Corredor, 2014). Las particularidades del eyaculado van a depender del tipo de colección y de la manipulación, así como de las características fisiológicas de cada animal (Pacheco, 2008).

Color

Está determinado por su aspecto, el cual se asocia a su calidad (entre blanco cremoso a blanco lechoso). El aspecto se determina por el grado de opacidad, variando de denso cremoso a denso acuoso (Cabrera y Pantoja,

2012). Un tono claro se definiría como azoospermia por una baja o nula concentración espermática. Si es de color verdoso, señala la existencia de procesos necrotizantes. Una tonalidad roja se presenta cuando hay heridas recientes en el prepucio, el glande o la uretra, a menudo producidas durante la recolección artificial. La presencia de pus indica inflamación (Veloz, 2017).

Volumen

El volumen está ligado con el medio ambiente, edad, genotipo y descanso, a lo largo de los climas calientes disminuye, caso contrario en los climas fríos se obtiene mejor material seminal (Mejía, 2017). El volumen de eyaculación (ml) incrementa significativamente con el aumento de la edad (año) de los toros (de 4 a 6 años), pero se reduce eventualmente para los grupos de mayor edad (> 6 años) (Ahirwar *et al.*, 2018). Un toro puede eyacular entre 3 a 12 ml (Cabrera y Pantoja, 2012).

pH

Se determina mediante el empleo de una cinta colorimétrica, su valor varía entre 6,4 a 6,9; valores por encima de 6,9 son indicativos de semen de baja calidad (Ventura, 2018). Si el pH excede de 8 se puede dudar de algún tipo de infección (Veracruz, 2014).

Características microscópicas

Se debe estimar la concentración espermática, motilidad en masa e individual, morfología, porcentaje de vivos y muertos, estos exámenes son los más utilizados para la clasificación de reproductores en inseminación artificial y monta natural (Rosero, 2020). La apreciación de las características microscópicas del semen se debe desarrollar en tres momentos: la primera con semen fresco, inmediatamente conseguida la muestra y en circunstancias de equilibrio (Castillo *et al.*, 2019).

Motilidad

La motilidad es un indicador esencial de la inspección seminal. Valora la proporción de espermatozoides móviles, así como el patrón de desplazamiento que presenta la media de una muestra espermática. Esta valoración es subjetiva y de fácil interpretación y están limitadas por la destreza del observador y el sistema de medida (Hidalgo *et al.*, 2009).

Motilidad en masa

Se utiliza una gota de semen fresco en un portaobjeto que se debe conservar a 37°C, por una placa térmica y se visualiza la muestra a 10x, en un microscopio óptico. Las características principales que se evalúan son la formación y progresión de los movimientos de la masa espermática y se clasifica (subjetivamente) de la forma siguiente: (a) mala, de 0-25% de la masa espermática en movimiento sólo con vibraciones; (b) regular, 25-50% con oscilaciones; (c) buena, 50-75% con remolinos lentos; y (d) muy buena, 75- 100% con remolinos rápidos (Mancheno y Díaz, 2018). El movimiento de masa depende de tres factores: concentración, porcentaje de células con movimiento progresivo, y la velocidad de movimiento de los espermatozoides o también llamado vigor. Si uno de estos factores se determina reducido, las ondas rápidas no son detectadas en la muestra ya que son deprimidas o muy bajas (Brogliatti, 2013).

La actividad de la masa del semen incrementa a medida que los toros van creciendo, pero disminuye nuevamente en toros longevos. La actividad de masa es más alta en toros de cuatro a cinco años y más baja en toros de seis años (Ahirwar *et al.*, 2018).

Motilidad individual

Es la valoración del tipo o fuerza del movimiento individual se realiza entre porta y cubreobjetos a 40° C, con un aumento de 40 a 100x en un microscopio (William y Vale, 2011). Los espermatozoides que conforman parte de un eyaculado no son uniformes en cuanto a sus particularidad de motilidad, es decir, en el mismo eyaculado se encuentran proporciones de espermatozoides que se desplazan de forma ágil y progresiva, otro porcentaje de espermatozoides que se trasladan más pausado, y por último, se manifiesta una cantidad de espermatozoides sin movimiento (Ancoco, 2017).

Concentración

El valor exacto de espermatozoides por unidad de volumen (ml) es de mucha significación en los programas de inseminación artificial para realizar el número de pajuelas, cuando la concentración espermática es de cero se denomina azoospermia, si es baja es oligozoospermia, la concentración normal de espermatozoides es de 2 x 10⁸ espermatozoides por ml, en toros jóvenes 1 x 10⁸ espermatozoides por ml en toros adultos teniendo un promedio de 300 a 25000 millones de espermatozoides por ml (Changoluisa, 2014).

Morfología

Se estima evaluando el número de espermatozoides normales en una muestra de eyaculación en relación con los espermatozoides con anomalías primarias y secundarias. La morfología tiene una gran influencia en la tasa de preñez (Perry y Peterson, 2011). En cuanto a la morfología, las irregularidades que se pueden originar se clasifican en anomalías en la cabeza, en el canal medio y en la cola. Se clasifican las anomalías espermáticas en tres grupos: primarias (aquellas que afectan la cabeza y el acrosoma del espermatozoide), secundarias (aquellas que afectan los pasajes o canales intermedios) y terciarias (aquellas que causan daño a la cola) (Paez y Corredor, 2014).

Los toros que presenten menos del 20% de espermatozoides anormales provocaron tasas de preñez al menos 4% más altas que los toros elegidos al azar. Por lo tanto, la selección de toros con más del 80% de espermatozoides normales puede aumentar las tasas generales de preñez en una ganadería (Perry y Peterson, 2011). Existen varios ejemplos de infertilidad provocados por defectos espermáticos específicos, cuando el 60% y el 100% de los espermatozoides tiene el defecto *dag*, defectos de acrosomas, el defecto de cola corta o *tail stump*, el defecto diadema o gota citoplasmática proximal, los toros pueden presentar una fertilidad marcadamente reducida (Bó y Barth, 2013). La estimación morfológica se puede efectuar con tinción de eosina-nigrosina o tinta china. En la evaluación morfológica es imprescindible detectar el número y tipo de anomalías; se admite un máximo del 30% de espermatozoides anormales (Paez y Corredor, 2014).

Datos relevantes

Según Chiaia *et al.* (2015) indicó que un incremento en la circunferencia escrotal del toro reduce la edad a la que las vaquillas logra la pubertad. Por cada desarrollo de 1 cm en SC, se encontró que la edad a la que las crías alcanzaban la pubertad reduce en 0,796 días.

En otro dato relevante se estudió en ganado Hereford se evidencia que el resultado de los valores genéticos CE sobre la preñez de las novillas expone un vínculo de umbral. A medida que el CE incrementa en valor, hay un rendimiento declinante por una mejor preñez de las novillas, lo que recomienda que la selección para un elevado valor genético de CE puede no ser una capacidad para mejorar la preñez de las novillas sobre la

selección para un valor genético moderado de CE. Si bien se tiene una correlación genética favorable entre CE y la edad de la pubertad, no se tiene el mismo efecto en preñez de las novillas (Brito, 2021).

Discusiones

La finalidad de esta revisión sobre la circunferencia escrotal fue resaltar la significación y relación que tiene con la fertilidad, ya que es un método fácil y confiable.

Según van Melis *et al.* (2010), en un estudio realizado en Sao Paulo Brasil, encontraron que la circunferencia escrotal a la edad de 18 y los rasgos reproductivos femeninos analizados (preñez y relaciones genéticas aditivas) sólo pueden considerarse moderadas ($0,29 \pm 0,05$ y $0,19 \pm 0,05$, respectivamente), estos datos son diferentes a los de (Yokoo *et al.*, 2007) en la que indica que la circunferencia escrotal a los 450 días de edad daría como resultado una mejora de los rasgos reproductivos femeninos.

Susilawati *et al.* (2020) en un estudio realizado en Indonesia mostraron como resultado una correlación positiva entre la circunferencia escrotal con el total de espermatozoides con un valor de correlación de 0,10 con un coeficiente de determinación del 1%, datos similares obtenidos por (Dasrul *et al.*, 2020) en la cual determino la correlación positiva entre circunferencia escrotal y la concentración de testosterona ($r = 0,799$), a mayor concentración de testosterona mayor concentración espermática y menor anomalías en los espermatozoides.

En otro estudio realizado por Terakado *et al.* (2015) indicaron que las correlaciones genéticas entre los rasgos estudiados: edad al primer parto y circunferencia escrotal debería dar como resultado mejoras en el sistema de producción, incluida la posibilidad de un rápido retorno de la inversión, al aumentar la vida reproductiva y el número acumulado de crías por vaca, datos similares a los de (Hyatt *et al.*, 2020) en la cual tienen como resultado una correlación positiva de la CE en toros de 205 días con la edad de sus hijas en el primer servicio (-1) y la edad en el primer parto ($-0,56$). Sin embargo, no se observó una correlación tan favorable entre la CE de toros a los 365 días de edad y edad de sus hijas al primer servicio (0,16) o edad al primer parto (0,58), estudios que difieren con (Chiaia *et al.*, 2015) en la cual las estimaciones de correlación genética entre edad al primer parto y SC fueron negativas, oscilando entre $-0,58$ y $-0,14$.

Conclusiones

Esta revisión confirma que la circunferencia escrotal puede ser un factor para determinar la fertilidad de los toros, porque la circunferencia escrotal se correlaciona positivamente con la calidad de la producción de espermatozoides y facilita realizar una planificación de selección y así poder mejorar fertilidad en las ganaderías bovinas.

La relación que tiene la circunferencia escrotal con la producción espermática es relevante, a mayor circunferencia escrotal, mayor producción seminal, pero esto va depender de varios factores como nutrición y peso corporal, como también la edad.

La medida escrotal tiene una gran importancia en la industria ganadera ya que permite el mejoramiento de fertilidad no solo en toros, sino también en hembras ya que la selección de toros con mayor circunferencia

escrotal permitiría tener hijas con mayor precocidad a la pubertad, es decir se acortaría la edad al primer servicio.

Referencias

- Acuña, C. M. (2012). *Circunferencia Escrotal*. 7300, 1–4. www.chunivet.com.ar-chunivet@infovia.com.arwww.produccion-animal.com.ar
- Ahirwar, M. K., Kataktaaware, M., Prasad, K., Pal, R. P., Barman, D., Thul, M. y Rawat, N. (2018). Effect of non-genetic factors on semen quality in bulls: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(4), 38–45. <http://www.buffalopedia.cirb.res.in>
- Ahmad, N., Umair, S., Shahab, M. y Arslan, M. (2010). Testicular development and establishment of spermatogenesis in Nili-Ravi buffalo bulls. *Theriogenology*, 73(1), 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.06.034>
- Al-Kanaan, A., König, S. y Brügemann, K. (2015). Effects of heat stress on semen characteristics of Holstein bulls estimated on a continuous phenotypic and genetic scale. *Livestock Science*, 177, 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.04.003>
- Ancco, E. (2017). *Efecto de la motilidad espermática en la producción de embriones in vitro en bovinos*. 0–69. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2898/L10-A55-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bó, G. A. y Barth, A. (2013). Evaluación de la aptitud reproductiva de los toros para servicio. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 32–37. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_toros/73-Evaluacion.pdf
- Boligon, A. A., Farias, P. P., Roso, V. M., Santana, M. L., Bignardi, A. B. y Souza, F. R. P. (2018). Genetic relations and indirect response to selection based on indices for scrotal circumference, visual scores and weight gain in beef cattle. *Animal Production Science*, 58(7), 1210–1217. <https://doi.org/10.1071/AN16365>
- Bonamy, M., de Iraola, J. J., Baldo, A., Prando, A., Giovambattista, G. y Munilla, S. (2018). Early rather than late scrotal circumference measurements better reflect female precocity in beef cattle. *Livestock Science*, 218, 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.10.019>
- Brito, Barth, A. D., Wilde, R. E. y Kastelic, J. P. (2012). Effect of growth rate from 6 to 16 months of age on sexual development and reproductive function in beef bulls. *Theriogenology*, 77(7), 1398–1405. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.11.003>
- Brito, L. F. C. (2021). Sexual Development and Puberty in Bulls. *Bovine Reproduction*, 58–78. <https://doi.org/10.1002/9781119602484.ch6>
- Brogliatti, G. M. (2013). *XLI Jornadas Uruguayas de Buiatría*. 2012–2013. https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/822/JB2013_120-124.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cabrera, P. y Pantoja, C. (2012). Viabilidad Espermática E Integridad Del Acrosoma En Semen Congelado De Toros Nacionales. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 23(2), 192–200. <https://doi.org/10.15381/rivep.v23i2.899>
- Castillo, L. A., Espinoza, E. P. y Malca, E. A. (2019). Addition of cholesterol-loaded methyl- β -cyclodextrin in cryopreservation of ram semen. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru*, 30(4), 1637–1644. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17160>

- Céspedes, C. V. (2018). *Factores ambientales, genéticos y de manejo que afectan la circunferencia escrotal y el peso corporal de toretes cebú en costa rica*. <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/20680/5CarolinaViquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Changoluiza, Á. G. M. (2014). *Evaluación de dos tratamientos , solución con la adición de bicarbonato de sodio en vacas primer parto*. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2882/1/T-UTC-00406.pdf>
- Chiaia, H. L. J., De Lemos, M. V. A., Venturini, G. C., Aboujaoude, C., Berton, M. P., Feitosa, F. B., Carvalheiro, R., Albuquerque, L. G., De Oliveira, H. N. y Baldi, F. (2015). Genotype × environment interaction for age at first calving, scrotal circumference, and yearling weight in Nellore cattle using reaction norms in multitrait random regression models. *Journal of Animal Science*, 93(4), 1503–1510. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8217>
- Corbet, N. J., Burns, B. M., Johnston, D. J., Wolcott, M. L., Corbet, D. H., Venus, B. K., Li, Y., McGowan, M. R. y Holroyd, R. G. (2013). Male traits and herd reproductive capability in tropical beef cattle. 2. Genetic parameters of bull traits. *Animal Production Science*, 53(2), 101–113. <https://doi.org/10.1071/AN12163>
- Dasrul, D., Wahyuni, S., Sugito, S., Hamzah, A., Zaini, Z., Haris, A. y Gholib, G. (2020). Correlation Between Testosterone Concentrations with Scrotal Circumference, and Semen Characteristics in Aceh Bulls. *E3S Web of Conferences*, 151, 4–8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015101015>
- Eriksson, P., Lundeheim, N. y Söderquist, L. (2012). Changes in mean scrotal circumference in performance tested Swedish beef bulls over time. *Acta veterinaria Scandinavica*, 54, 74. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-54-74>
- Espitia, A., Montes Vergara, D., Hernandez M, E. y Sfeir B, H. (2017). Circunferencia escrotal y parámetros morfométricos en machos Bubalus bubalis de la raza Murrah. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(1), 73. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.n1.2017.501>
- Harrison, T. D., Chaney, E. M., Brandt, K. J., Ault-Seay, T. B., Payton, R. R., Schneider, L. G., Strickland, L. G. y Schrick, F. N. (2022). The effects of nutritional level and body condition score on cytokines in seminal plasma of beef bulls. *Frontiers in Animal Science*, 3(January), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fanim.2022.1078960>
- Hidalgo, O. C., Tamargo, C. y Diez, C. (2009). Análisis del semen bovino. *Boletín informativo del SÉRIDA*, 2(January 2005), 39–43. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2794872&orden=181848&info=link>
- Holgado, F. D. y Ortega, M. F. (2015). Caracterización De Toros Adultos De La Raza Criollo Argentino: Peso Corporal, Alzada Y Circunferencia Escrotal. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal AICA*, 6, 172–177. http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/raza_criolla/79-AICA2015vv_Trabajo024.pdf
- Hyatt, J. S., Jones, E. y Gunn, A. (2020). Does increased scrotal circumference measurement in bulls reduce the age of puberty in their daughters? *Veterinary Record*, 186(19), 645–647. <https://doi.org/10.1136/vr.m2488>
- Ibrahim, F. F. y Hurish, K. F. (2016). *Veterinary Science Monthly and Seasonality Variation in Freezability of Semen and Associations Between Freezability of Semen With Age and Testicular Dimension of*

- Holstein Bulls Born in Iraq Kreem Iwaid AL- Sadeq jaafer Zalzala Faris Faisel Ibrahim Departm. January,* 35–38.
https://www.researchgate.net/publication/334429249_Monthly_and_Seasonality_Variation_in_Freezeability_of_Semen_and_Associations_Between_Freezeability_of_Semen_With_Age_and_Testicular_Dimension_of_Holstein_Bulls_Born_in_Iraq
- Kumar, A., Singh, P., Bhakat, M. y Singh, S. (2015). *Relationship between scrotal circumference and hormonal levels with semen quality in Murrah buffalo young bulls.* 68(3), 271–273.
https://epubs.icar.org.in/index.php/IJDS/article/view/41860/pdf_107
- Loaiza, A. M., Bergmann, J. A. G., Toral, F. L. B., Osorio, J. P., Carmo, A. S., Mendonça, L. F., Moustacas, V. S. y Henry, M. (2013). Use of nonlinear models for describing scrotal circumference growth in Guzerat bulls raised under grazing conditions. *Theriogenology*, 79(5), 751–759.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.11.031>
- Madrid, N. y González, C. (2015). *Interpretación de la circunferencia escrotal en la evaluación de la fertilidad de toros doble propósito en monta natural - Engormix.*
<https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/interpretacion-circunferencia-escrotal-evaluacion-t31983.htm>
- Mancheno, M. S. y Díaz, A. (2018). Efecto del método de extracción del semen en la calidad espermática de toros Sahiwal. *Avances en Investigacion Agropecuaria*, 22(2), 47–54.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=133699731&%0Alang=es&site=ehost-live>
- Mejía, J. E. (2017). *Evaluación pre y post congelación del semen obtenido con vagina artificial y electroeyaculador en el ganado criollo.* 1–54.
- Murphy, E. M., Kelly, A. K., O'Meara, C., Eivers, B., Lonergan, P. y Fair, S. (2018). Influence of bull age, ejaculate number, and season of collection on semen production and sperm motility parameters in holstein friesian bulls in a commercial artificial insemination centre. *Journal of Animal Science*, 96(6), 2408–2418. <https://doi.org/10.1093/jas/sky130>
- Nava, H., Parra-Olivero, A., Galvis-Carreño, F., Flores-Perdomo, G. y Quintero-Moreno, A. (2017). Relación entre la circunferencia escrotal, predominio racial, la edad, el peso corporal y la ganancia diaria de peso en toros. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia*, 27(1), 62–67. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95950495009.pdf>
- Ormachea, E., Calsin C., B. y Zegarra O., E. (2019). Cinética y morfometría espermática en semen congelado sexado y convencional de toros Brown Swiss. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 500–506. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.14696>
- Pacheco, J. (2008). Métodos de coleccion de semen en camélidos sudamericanos - Methods of semen collection in south american camelids. *Redvet.*, 9(4).
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63611397005.pdf>
- Paez, E. y Corredor, E. (2014). Evaluación de la aptitud reproductiva del toro Breeding Soundness Evaluation of the Bull. *Ciencias y Agricultura*, 11(2), 49–59.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5178282.pdf>
- Pérez, J., Liliana, O., Jaramillo, C., José, R., Arroyo, O. y Cardona, J. (2014). Crecimiento testicular y parámetros de calidad de semen en toros de raza Guzerat , desde la pubertad hasta los 36 meses de

- edad. *Rev. Med. Vet.*, 27, 73–88.
[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1186&context=mv#:~:text=Conclusiones%3A la pro- ducción de,cercana a los 30 cm.](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1186&context=mv#:~:text=Conclusiones%3A%20la%20producci%3A%20de%20cerca%20a%20los%2030%20cm.)
- Perry, G. y Peterson, D. (2011). Determining reproductive fertility in herd bulls. *University of Missouri Agriculture publication.*, 1–8.
<https://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/3184/DeterminingReproductiveFertilityBulls.pdf?sequence=1>
- Perumal, P. (2014). Scrotal Circumference and its Relationship with Testicular Growth, Age, and Body Weight in Murrah Buffalo Bulls. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(11), 2270–2274. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.811.264>
- Ramírez, C., Rugeles-Pinto, C., Guimaraes, J. D. y Vergara-Garay, O. (2016). Relación entre biometría testicular y circunferencia escrotal en toretes de la raza Nelore en Brasil. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia*, 26(1), 49–54.
link.gale.com/apps/doc/A505303964/AONE?u=googlescholar&sid=bookmark-AONE&xid=79d50e8d
- Rosero, E. R. M. (2020). Edwin Rolando Maurat-Rosero. 5(04), 33–51.
<https://doi.org/10.23857/pc.v5i4.1365>
- Rugeles, C., Almanza, R., Linares, J., Luna, J., Castaño, F. y Vergara, O. (2012). The effect of protein and energy leves of diet on semen quality and metabolic profiles of brahman bulls. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia*, 22(2), 163–170.
https://www.researchgate.net/publication/297775530_The_Effect_of_Protein_And_Energy_Leves_of_Diet_on_Semen_Quality_and_Metabolic_Profiles_of_Brahman_Bulls
- Sigala, K. I., Sánchez-Bañuelos, F. J., Domínguez-Viveros, J., Anchondo-Garay, A., Rodríguez-Almeida, F. A. y Flores-Mariñelarena, A. (2017). Caracterización del crecimiento y estimación de factores de ajuste para circunferencia escrotal en bovinos Brangus. *Ciencia y Tecnología Ganadera*, 11(1), 55–63.
https://www.researchgate.net/publication/323747454_Caracterizacion_del_crecimiento_y_estimacion_de_factores_de_ajuste_para_circunferencia_escrotal_en_bovinos_Brangus
- Silva, Carneiro, P. L. S., Ambrosini, D. P., Lôbo, R. B., Filho, R. M. y Malhado, C. H. M. (2019). Genotype-environment interaction in the genetic variability analysis of reproductive traits in Nellore cattle. *Livestock Science*, 230. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103825>
- Silva, M. R., Pedrosa, V. B., Borges-Silva, J. C., Eler, J. P., Guimarães, J. D. y Albuquerque, L. G. (2013). Genetic parameters for scrotal circumference, breeding soundness examination and sperm defects in young Nellore bulls. *Journal of Animal Science*, 91(10), 4611–4616.
<https://doi.org/10.2527/jas.2012-6067>
- Silva, M. R., Pedrosa, V. B., Silva, J. B. C., Herrera, L. G. G., Eler, J. P. y Albuquerque, L. G. (2012). Parámetros genéticos de las características andrológicas en la especie bovina. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 44(1), 1–11. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2012000100002>
- Siqueira, J., Guimarães, J. y Pinho, R. (2013). Relação entre perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas em bovinos de corte: uma revisão. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 37(1), 3–13. [http://www.cbpa.org.br/pages/publicacoes/rbra/v37n1/p3-13 \(RB262\).pdf](http://www.cbpa.org.br/pages/publicacoes/rbra/v37n1/p3-13%20(RB262).pdf)

- Susilawati, T., Sholikah, N., Wahjuningsih, S., Herwiyanti, E., Kuswati y Yekti, A. P. A. (2020). Relationship of scrotal circumference with spermatozoa production in various breed of Indonesian local bulls. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 15(2), 102–107. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2020.102.107>
- Tamayo, M. (2013). La selección de sementales bovinos en Cuba. 3. Calidad de la producción seminal en futuros sementales Holstein, relación con el desarrollo testicular. *Revista Electronica de Veterinaria*, 14(1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63625683001>
- Terakado, A. P. N., Boligon, A. A., Baldi, F., Silva, J. A. V. y Albuquerque, L. G. (2015). Genetic associations between scrotal circumference and female reproductive traits in nelore cattle. *Journal of Animal Science*, 93(6), 2706–2713. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8817>
- van Melis, M. H., Eler, J. P., Rosa, G. J. M., Ferraz, J. B. S., Figueiredo, L. G. G., Mattos, E. C. y Oliveira, H. N. (2010). Additive genetic relationships between scrotal circumference, heifer pregnancy, and stayability in Nelore cattle. *Journal of Animal Science*, 88(12), 3809–3813. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2127>
- Vélez; Rugeles y Vergara. (2014). Efecto de la raza sobre las características reproductivas de toros manejados en sistemas extensivos. *Revista Científica*, XXIV(4), 341–346. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95931404002.pdf>
- Veloz, D. M. V. (2017). *sistema CASA (análisis seminal asistido por computadora) y su respuesta con la fertilidad por inseminación artificial*. 1–75. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28466/1/Trabajo de titulación. pdf.pdf>
- Ventura, A. J. (2018). Universidad Mayor De San. *Estadística* 1, 4, 47. <http://www.zonaeconomica.com/analisis-financiero/cuentas-cobrar%0Ahttp://www.redalyc.org/pdf/290/29012059009.pdf%0Ahttps://www.faeditorial.es/capitulos/gestion-morosidad.pdf%0Ahttps://unadmexico.blackboard.com/bbcswebdav/institution/DCSBA/Bloque1/NA/02/N>
- Vera, C., Brunello, G., Ojeda, P. y Castro, A. (2022). *Importancia de la circunferencia escrotal en la selección de toritos de reposición*. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/12793>
- Veracruz, L. A. (2014). Aportaciones a la Crioconservación de Gametos Masculinos en la Raza Bovina Murciano Levantina: Recongelación de Espermatozoides. *All rights reserved. IJES*, 281(4). <http://nadir.uc3m.es/alejandro/phd/thesisFinal.pdf%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Universidad+de+murcia#0>
- William, G. y Vale, W. G. (2011). *Avances biotecnologicos en la reproduccion del bufalo*. 24, 89–104. https://www.researchgate.net/publication/277180402_Avances_biotecnologicos_en_reproduccion_de_bufalos
- Yokoo, M. J. I., Albuquerque, L. G. de, Lôbo, R. B., Sainz, R. D., Carneiro Júnior, J. M., Bezerra, L. A. F. y Araujo, F. R. da C. (2007). Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(6), 1761–1768. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982007000800008>