



Análisis de la correlación entre las características fenotípicas y seminales en toros reproductores *Bos indicus*

Analysis of the Correlation Between Phenotypic and Seminal Characteristics in *Bos indicus* Breeding Bulls

Enith Mayte Bulla-Arias¹

Karen Patricia Montoya-Andrade²

Melisa Daniela Munevar-Romero^{1,3}

Sergio Ulloa-Torres¹



DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v20.n3.2023.16776>

RESUMEN: En el contexto ganadero de Casanare, donde el acceso a tecnologías para evaluar la calidad seminal es limitado, anticipar las características seminales de los toros basándose en sus atributos físicos sin recurrir a metodologías específicas y costosas sería beneficioso. Esto podría mejorar la eficiencia reproductiva del hato, aumentando los índices de preñez y la producción anual de crías. En un estudio experimental con 238 toros se midieron diversas características físicas y seminales, y se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para analizar las relaciones entre ellas. Se observó que el 57,1 % de los toros fueron clasificados como muy buenos, mientras que el 7,6 % fueron considerados de baja calidad. La edad promedio de los toros fue de 5,5 años, con una motilidad y vitalidad seminal promedio del 76 % para cada una. La concentración espermática promedio fue de 610 millones. Se encontraron correlaciones negativas fuertes entre la libido, erección, protrusión, eyaculación y el tipo de eyaculación con características seminales como volumen, grumos, motilidad, vitalidad y concentración espermática. Además, la concentración de espermatozoides mostró una correlación moderada positiva con la circunferencia escrotal (CE), lo que indica que un incremento en la CE tiende a aumentar la concentración espermática. Estas correlaciones proporcionan información valiosa para la selección de reproductores y la mejora de programas reproductivos en explotaciones pecuarias en Colombia, especialmente para aquellos productores con limitado acceso a tecnologías reproductivas.

PALABRAS CLAVE: calidad espermática, eficiencia reproductiva, fertilidad potencial, reproductor.

ABSTRACT: In the cattle context of Casanare, where access to technologies to evaluate seminal quality is limited, it would be beneficial to anticipate the seminal characteristics of bulls based on their physical attributes without resorting to specific and costly methodologies would be beneficial. This could improve herd reproductive efficiency, resulting in increased pregnancy rates and annual calf production. In an experimental study with 238 bulls, we measured various physical and seminal characteristics. We used Spearman's correlation coefficient to analyze the relationships between these characteristics. Our findings indicate that 57.1 % of the bulls were classified as very good, while 7.6 % were considered poor quality. The bulls had an average age of 5.5 years. Their semen motility and vitality were both 76% on average, and their average sperm concentration was 610 million. Strong negative correlations were found between libido, erection, protrusion, ejaculation and ejaculation type with seminal characteristics such as volume, lumps, motility, vitality and sperm concentration. Furthermore, there is a positive correlation between sperm concentration and scrotal circumference (SC), suggesting that an increase in SC may lead to an increase in sperm concentration. These correlations provide valuable information for selecting breeders and improving reproductive programs on livestock farms in Colombia, particularly in the case of cattle breeding.

KEYWORDS: sperm quality, reproductive efficiency, potential fertility, breeder.

FECHA DE RADICACIÓN: 1 de noviembre de 2023 **FECHA DE ACEPTACIÓN:** 24 de noviembre de 2023 **FECHA DE PUBLICACIÓN:** 21 de diciembre de 2023

- 1 Investigador independiente, Tunja, Colombia. ORCID: Bulla-Arias, E. M.: <https://orcid.org/0009-0000-6703-9303>; ORCID: Munevar-Romero, M. D.: <https://orcid.org/0000-0002-2145-9158>; ORCID: Ulloa-Torres, S.: <https://orcid.org/0000-0003-3664-5436>
- 2 Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia. ORCID: Montoya-Andrade, K. P.: <https://orcid.org/0000-0002-1492-5472>
- 3 Autor de correspondencia: melisa.munevar@uptc.edu.co

INTRODUCCIÓN

El ganado bovino constituye casi el 40 % de la producción agrícola total en los países desarrollados y el 20 % en los países en desarrollo, apoyando los medios de vida de al menos 1300 millones de personas en el mundo (FAO, 2023). La población bovina en Colombia para el año 2023 está distribuida en 620.807 predios y totaliza 29.642.539 animales, con un incremento del 1,2 % en comparación con el año anterior (ICA, 2023). Otras estadísticas importantes del año 2023 indican que el 69,1 % del total de ganado bovino se concentra principalmente en diez departamentos: Antioquia (11,1 %), Córdoba (8,1 %), Meta (7,8 %), Casanare (7,7 %), Caquetá (7,2 %), Cesar (5,7 %), Santander (5,7 %), Magdalena (5,7 %), Cundinamarca (5,1 %) y Bolívar (5,0 %) (ICA, 2023).

Teniendo en cuenta la gran importancia de la ganadería en Colombia, el manejo reproductivo del macho es esencial, ya que este aporta el 50 % del material genético; por tal razón, debería ser evaluado constantemente para verificar que su estado reproductivo sea satisfactorio a fin de poder incluirlo en un plan de manejo reproductivo (Hashem & Gonzalez-Bulnes, 2021). En la mayoría de las explotaciones ganaderas del país se prefieren las hembras y el toro está en segundo plano; se presta escasa atención a las pruebas de fertilidad de los sementales o en muchos casos no se realizan, y se le atribuyen las bajas tasas de fertilidad a otros factores como los planes sanitarios o la escasa fertilidad de las vacas (Reynolds et al., 2019).

En Colombia, la toma de pruebas de fertilidad del macho ha venido adquiriendo importancia, debido a que se pueden conocer las fortalezas y falencias del animal con respecto a su actividad reproductiva. El examen se realiza teniendo en cuenta las características fenotípicas, que serán transmitidas por el reproductor, lo que permite identificar animales fértiles e infértiles que pueden llegar a afectar el éxito de un programa reproductivo en una explotación pecuaria (Páez-Barón & Corredor-Camargo, 2014).

Se reporta que entre el 3 y el 25 % de los toros no son aptos para ser utilizados como reproductores; de modo que, considerando que la reproducción es la base para la producción bovina, se deben seleccionar animales con fertilidad comprobada, pues este es un requisito indispensable para alcanzar altos niveles de productividad (Alexandre et al., 2021).

Una buena selección de reproductores requiere animales de alto valor genético, así como de información de su comportamiento productivo, evaluación reproductiva, física, clínica y de pruebas periódicas de fertilidad (Ruiz-Sesma et al., 2021). Esta última es uno de los rasgos productivos más importantes para lograr mayor eficiencia reproductiva y rentabilidad en los sistemas de producción bovina. La circunferencia escrotal (CE) es una de las características de fácil medición, que ha sido correlacionada con la fertilidad en los machos reproductores y en hijas de esos sementales. Esta característica se

utiliza para predecir la calidad y cantidad de producción de espermatozoides y la edad a la pubertad (Parra-Bracamonte et al., 2023).

La ganadería en Casanare desempeña un papel crucial tanto a nivel local como nacional. El ganado producido en esta región abastece no solo el mercado local, sino que también forma parte integral de la cadena de suministro de alimentos en todo el país. Esta actividad, además de beneficiar a los ganaderos, genera empleo en diversas áreas, como la atención veterinaria, la administración de ranchos y la comercialización de productos ganaderos. Igualmente, la ganadería en Casanare tiene un impacto significativo en la economía regional, ya que los ingresos por la venta de ganado y productos ganaderos contribuyen al desarrollo económico del departamento (Romero Hernández et al., 2022).

Por tanto, el objetivo del presente estudio es analizar la relación entre las características físicas y las seminales de toros reproductores de Casanare.

METODOLOGÍA

La investigación se realizó en el departamento del Casanare, Colombia, el cual presenta una precipitación anual aproximada de 2.000 mm, una temperatura entre 23-37 °C, humedad relativa de 76 % y de carácter monomodal, con un régimen de lluvias de abril a noviembre, y una época seca de diciembre a marzo.

La ganadería en Casanare se destaca por su enfoque extensivo, aprovechando las extensas llanuras y pastizales naturales de la región. En cuanto a las razas, sobresale el ganado cebú y especialmente la raza brahman, conocida por su resistencia al calor y adaptación a climas tropicales, también hay mestizajes y razas criollas locales seleccionadas por los ganaderos para adaptarse a las condiciones específicas de la región. El manejo del ganado es mayormente extensivo; en términos tecnológicos, los ganaderos emplean tanto métodos tradicionales como prácticas modernas, incluyendo tecnologías para mejorar la reproducción, la gestión del pastoreo y la atención veterinaria, si bien la implementación de tecnologías avanzadas varía según la escala y los recursos de cada ganadero (Romero Hernández, 2022).

Se llevó a cabo un estudio de tipo experimental en el que se midieron las características físicas (edad, circunferencia escrotal, libido, condición corporal (CC), eyaculación, tipo de eyaculación, erección, protrusión, pene y prepucio) y características seminales (olor, color, motilidad masal, motilidad individual, vitalidad, concentración de espermatozoides, presencia de anomalías y elementos celulares). Las características físicas y seminales mencionadas de los toros reproductores incluidos en el estudio se correlacionaron con el fin de determinar unidireccionalmente si las características físicas influyeron sobre las características seminales.

Selección de ejemplares

La población correspondió a 259 toros provenientes de 37 predios de los municipios de Trinidad y San Luis de Palenque en el departamento de Casanare, los cuales debían contar con registros productivos, sanitarios e historias clínicas actualizadas. Los toros se mantuvieron en descanso reproductivo (sin hembras o recolección seminal) por un periodo de 5 a 7 días. Todos los toros fueron tabulados en una base de datos en donde se registraron las características físicas y seminales de cada animal.

Como criterios de inclusión se tuvieron en cuenta que fueran toros mayores de 2,5 años hasta 11 años, con un peso entre 500 y 800 kg, de diferentes razas, con antecedentes reproductivos conocidos, que tuvieran todos sus miembros u órganos pares completos y sus vacunas y desparasitaciones al día. Se excluyeron los toros que no cumplieran con los criterios de inclusión descritos, además de aquellos que no hayan tenido tiempo de reposo sexual, mayores de 11 años, con patologías clínicas diagnosticadas o bajo tratamiento médico. El resultado fue una muestra de 238 toros incluidos en el estudio.

Características físicas

La circunferencia escrotal (CE) se midió con cinta métrica (escrotímetro) en la parte más ancha del escroto, como lo indica Parra-Bracamonte et al. (2023). Para esto, se ejerció una leve presión para el descenso de los testículos (Figura 1).



FIGURA 1. Medición de la circunferencia escrotal. Fuente: elaboración propia.

Siguiendo los criterios establecidos por Macías Moreira et al. (2020), se procedió a clasificar a los toros en categorías de *excelente*, *bueno* y *malo* con base en el diámetro de la circunferencia escrotal (CE) y considerando la edad de los animales. Se definen como *excelentes* aquellos toros con una CE igual o superior a 32 cm; se clasifican como *buenos* aquellos con una CE entre 29 y 32 cm, y como *malos* aquellos toros cuya CE es inferior a 29 cm, siempre tomando como referencia la edad de 24 meses. En el caso de toros con edades comprendidas entre 25 y 30 meses, se establece que una CE igual o superior a 35 cm se clasifica como *excelente*, entre 31 y 35 cm como *bueno*, y menor a 31 cm como *mala*. Para toros de 31 meses o más, se considera *excelente* una CE mayor o igual a 39 cm, *bueno* en el rango de 34 a 39 cm, y *mala* para valores inferiores a 34 cm. Estos parámetros proporcionan un marco de referencia para la evaluación de la circunferencia escrotal en toros de diferentes edades.

La condición corporal (CC) se determinó mediante una evaluación visual y táctil de la cantidad de grasa subcutánea y muscular en el cuerpo. Para ello, se utilizó una escala de puntuación que varía generalmente de 1 a 9, donde 1 representa un animal extremadamente delgado y 9, animal obeso. Los puntos clave para evaluar la condición corporal incluyen la espalda y las costillas, el lomo, la grupa, la pelvis, donde se examina la prominencia de los huesos de la pelvis y el vientre, y se observa si el abdomen está hundido o abultado (Páez-Barón & Corredor-Camargo, 2014).

El pene se exploró por palpación bajo la piel del abdomen, desde la inserción del escroto y en dirección al ombligo, según lo descrito por de Loyola et al. (2014). Se determinó la presencia de anomalías, como heridas, traumas, olores fétidos, abscesos o inflamaciones. El prepucio se palpó para descartar la presencia de adherencias, heridas o hematomas. El estado del pene y el prepucio se clasificó de acuerdo con la exploración visual en *excelente*, cuando no presentaba ninguna anomalía; *bueno*, cuando tenía una anomalía; *regular*, cuando mostraba 2 anomalías, y *malo*, cuando presentaba más de 2 anomalías.

La libido sexual se evaluó mediante el método de test, que estriba en asignar subjetivamente una puntuación para evaluar el grado de interés sexual y la habilidad de monta del toro (Perumal, 2014), y de acuerdo con lo observado en la prueba los toros se clasificaron en cuatro grupos:

- Grupo 1: toros que sirven satisfactoriamente.
- Grupo 2: toros que hicieron intentos de monta, pero no culminaron en servicio, debido a inexperiencia, falta de técnica de apareamiento o factores patológicos.

- Grupo 3: toros que montaron pero que no llegaron al servicio debido a falta de cooperación de la hembra. Puede reflejar factores tales como inexperiencia, baja libido o uso de una hembra inadecuada.
- Grupo 4: toros en los que no existe registro de habilidad de monta debido a falta de suficiente actividad para hacer una estimación. Como lo señalan Monina et al. (2000), es importante evaluar de manera periódica la libido o capacidad de servicio de los toros, especialmente de aquellos destinados al proceso de monta natural.

La recolección de semen en los toros se realizó por medio del electroeyaculador, el cual funciona mediante la introducción de una bala con electrodos de uso transrectal, que está conectada a una batería que genera pequeños pulsos eléctricos, para estimular las glándulas accesorias reproductivas, produciendo una erección y posterior eyaculación del semen (Monina et al., 2000). De acuerdo con Sylla et al. (2015), durante la expulsión seminal se observó y registró el tipo de eyaculación de la siguiente manera:

- Eyaculación normal: el semen es expulsado en un solo chorro continuo y uniforme.
- Eyaculación fraccionada: el semen es expulsado en varios chorros intermitentes, en lugar de un chorro continuo.
- Eyaculación retrógrada: en este caso, el semen fluye hacia atrás y no se expulsa normalmente. Esto puede indicar un problema de salud en el toro.

Con el resultado obtenido de las valoraciones de las características físicas, los toros fueron clasificados como buenos, regulares y malos, según el estado anatómico de cada ejemplar (Sylla et al., 2015).

Características seminales

- **Macroscópica:** *olor*, es característico de los toros cebuinos, no deben tener mal olor, si lo presentan puede ser indicativo de algún proceso infeccioso (Sylla et al., 2015). *Color*, se percibe mediante observación directa del eyaculado colectado. El color del eyaculado depende del contenido de riboflavina y varía de acuerdo con la concentración espermática; puede ir desde un líquido blanquecino claro hasta un líquido lechoso oscuro (Sylla et al., 2015). *Volumen*, se percibe mediante observación directa del eyaculado colectado: animales jóvenes entre 2 mL, y entre 4 y 12 mL en adultos (Adona et al., 2022), y de los grumos, los cuales se observan como agregados viscosos de semen de forma redondeada y se clasifican de acuerdo con su presencia.

- Microscópica: se evaluó la motilidad masal, la motilidad individual progresiva, la morfología, la vitalidad y la concentración espermática.

Para la motilidad masal se usó una alícuota de semen puro (20 µL) sobre una lámina portaobjetos en el microscopio óptico con objetivo de 10X y placa térmica a 32,5 °C (Weiss et al., 2019). Se estimó mediante una valoración subjetiva del movimiento masivo de los espermatozoides, con un rango de 0 a 5 (Koziol et al., 2022). Para la motilidad individual progresiva se usaron 10 µL de semen en un portaobjetos, que se cubrió con un cubreobjetos, ambos atemperados a 37 °C, y se observó con el lente de 40X. Se evaluó el movimiento progresivo rectilíneo que atraviesa el campo observado. La concentración se hizo en la cámara de Neubauer (hemocitómetro), según la técnica descrita por Vince et al. (2018), con la variante del uso de agua bidestilada para inmovilizar a los espermatozoides.

La evaluación morfológica se realizó por medio de una tinción con eosina-nigrosina. En la evaluación morfológica se determinaron el porcentaje y el tipo de anomalías. Según Chacón et al. (2022), se acepta un máximo de 30 % de espermatozoides anormales. Las anomalías se clasifican en tres grupos: primarias (aquellas que afectan la cabeza y el acrosoma del espermatozoide), secundarias (las que afectan la pieza o tracto intermedio) y terciarias (las que causan daño de la cola). Otra escala de clasificación, que va acorde al órgano donde puede haberse generado la anomalía, las clasifica en anomalías primarias y secundarias (Otasevic et al., 2019).

Para concentración espermática, el método utilizado fue el recuento celular con cámara de Neubauer (Páez-Barón & Corredor-Camargo, 2014). La muestra de semen se diluye, previamente preparada para inmovilizar y conservar los espermatozoides en una proporción de 1:100 o 1:200, de manera que sea fácil contar las células espermáticas.

De acuerdo con Páez-Barón & Corredor-Camargo (2014), los valores asociados a las características físicas seminales se han establecido como un referente crucial para la clasificación de la calidad seminal de los toros incluidos en el presente estudio. En particular, la motilidad masal se evalúa mediante la observación de ondas en el eyaculado, siendo este categorizado como “categoría 1 o muy bueno (****)” cuando se evidencian ondas oscuras marcadas con un movimiento rápido. Aquellos eyaculados que presentan ondas menos oscuras con movimiento moderado son clasificados como “categoría 2 o bueno (***)”. La “categoría 3 o regular (**)” se asigna a muestras con ondas claras y movimiento muy ligero. En contraste, la “categoría 4 o malo (*)” se atribuye a eyaculados donde no se observan ondas y los espermatozoides permanecen inmóviles. Estas clasificaciones proporcionan una base objetiva y estandarizada para la evaluación de la calidad seminal, lo que permite una comparación significativa entre los toros analizados en este estudio.

Además, la motilidad progresiva individual se evalúa mediante criterios específicos, clasificándose como *excelente* cuando supera el 80 %, *buena* con más del 60 %, *regular* con más del 40 %, y *mala* cuando es menor que el 40 %. Las anormalidades, tanto primarias como totales, también desempeñan un papel crucial en la evaluación, variando desde *excelente* con anormalidades primarias menores que el 10 % y totales menores que el 25 %; *buena*, las anormalidades primarias están entre el 10 y 19 %, con un total inferior al 40 %; *regular*, las anormalidades totales se ubican entre el 40 y 59 %; hasta *mala* con anormalidades totales superiores al 59 %. La concentración es categorizada como *excelente* con menos de 250 millones, *buena* con 250-450 millones, *regular* con 450-750 millones, y *mala* con más de 750 millones. Por último, la vitalidad se clasifica desde *excelente* con más del 70 %, *buena* entre 50-69 %, *regular* entre 30-39 %, hasta *mala* con menos del 29 %. Estas clasificaciones ofrecen un marco detallado y objetivo para la evaluación integral de la calidad seminal en los toros objeto de estudio (Páez-Barón & Corredor-Carmargo, 2014).

Considerando los criterios de clasificación definidos tanto para las características físicas como para las seminales, los toros fueron categorizados en diferentes niveles. Se asignó la clasificación de *excelentes* a aquellos toros que exhibieron excelencia en todas sus características, tanto físicas como seminales, durante el examen físico y la evaluación seminal. Asimismo, se categorizaron como *buenos* cuando presentaban al menos una característica evaluada como buena, *regulares* cuando mostraban al menos una característica considerada regular y *malos* cuando se identificaba alguna característica clasificada como malos. Esta metodología de clasificación proporciona una base comprensible y consistente para evaluar y comparar las características de los toros en función de sus atributos físicos y seminales.

Análisis estadístico

Se utilizaron estadísticos descriptivos para las características físicas y para las características cualitativas del semen. Además, un análisis de correlación no paramétrica (Spearman) (Mendivelso, 2022) entre las características físicas y seminales de los ejemplares, y si tiene alguna relación con la circunferencia escrotal que se calificó en valores de 1 a 4, siendo 4 malo, 3 regular, 2 bueno y 1 excelente. Se usó el paquete agricolae y psych del programa R versión 3.6.3^o para el análisis estadístico.

RESULTADOS

Medir y evaluar las características físicas en toros reproductores es esencial para asegurar que estos animales estén en condiciones óptimas para desempeñar su papel en la reproducción y contribuir al éxito general de los programas de cría ganadera. En el presente experimento se evaluaron las

características físicas de los toros incluidos en el estudio (Tabla 1), en donde se destaca que la mayoría de los toros presentaron muy buena libido con el 82,2 %, seguido de buena libido con 34 % y en menor medida presentaron mal libido con 1,3 %. La erección y la protrusión presentaron un comportamiento similar, ya que ambas características se presentaron en el 97,5 % de los toros y no se presentaron en el 2,5 % de estos. De igual manera, la cantidad de toros que presentaron eyaculación coinciden con el número de toros que tuvieron eyaculación completa con un 96,6 %, y el 3,4 % no presentaron eyaculación y fue incompleta.

TABLA 1. Descripción de las características físicas

Característica	Número de toros	Porcentaje de toros
Libido		
Muy bueno	197	82,2
Bueno	34	14,3
Regular	4	1,7
Malo	3	1,3
Erección		
Presenta erección	232	97,5
No presenta erección	6	2,5
Protrusión		
Presenta protrusión	232	97,5
No presenta protrusión	6	2,5
Eyaculación		
Presenta eyaculación	230	96,6
No presenta eyaculación	8	3,4
Tipo de eyaculación		
Completa	230	96,6
Incompleta	8	3,4
Condición corporal		
Buena	230	98,3
Regular	7	1,7
Malo	1	0
Pene		
Bueno	234	98,3
Regular	4	1,7
Malo	0	0
Prepucio		
Bueno	236	99,2
Regular	2	0,8
Malo	0	0

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la edad de los toros incluidos en el estudio, se evidenció que el mayor número de toros se encontraba entre los 3 años ($n=43$) y los 5 años ($n=41$), mientras que se encontró en menor medida en la edad de 10 años ($n=4$) y 2 años ($n=5$), obteniendo un promedio 5,5 años (Figura 2).

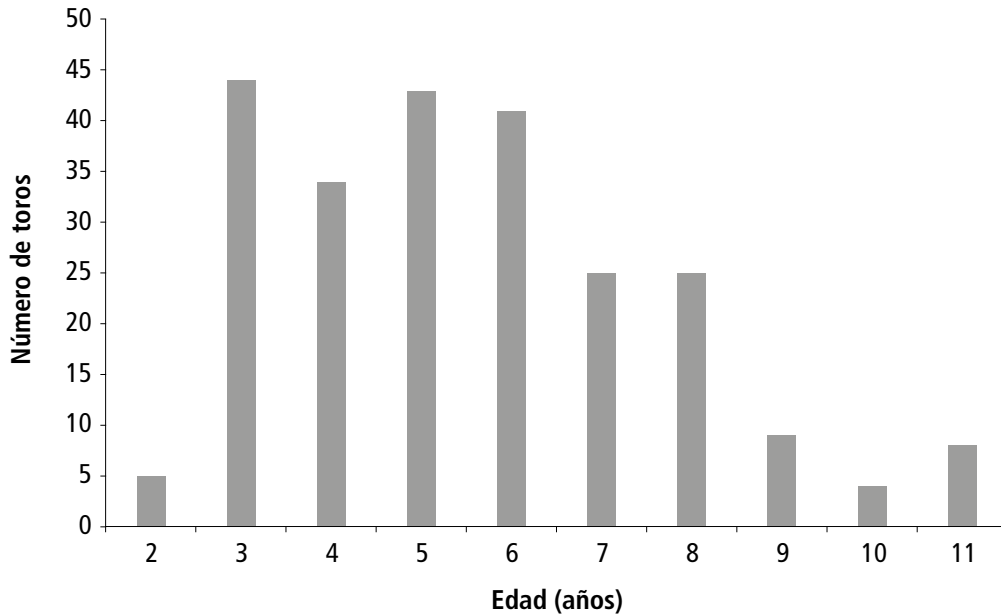


FIGURA 2. Número de toros por edad.

Fuente: elaboración propia.

Características seminales

Determinar las características seminales de los toros reproductores en Casanare o cualquier otra región es esencial para garantizar una reproducción exitosa, mejorar la calidad genética del ganado y lograr un rendimiento económico sostenible en la producción ganadera. En este estudio se comprueba que la mayoría de los toros presentaron un color marfil (72,7 %), seguido del color blanco (14,7 %). En el caso de la motilidad masal, se observa una distribución entre las diferentes categorías, siendo la categoría 4 la que tiene la mayor cantidad (31,5 %), seguida de la categoría 2 (27,3 %) y la categoría 0 (2,5 %). El 92,9 % no presentó anomalías y solo el 31,5 % mostró anomalías menores. 136 (57,1 %) fueron clasificados como muy buenos, lo cual corresponde a la mayoría, mientras que solo 18 (7,6 %) fueron clasificados como malos (Tabla 2).

TABLA 2. Descripción de las características cualitativas del semen

Característica	Número de toros	Porcentaje de toros
Grumos		
Sí hay presencia	8	3,4
No hay presencia	230	96,6
Color		
Blanco	35	14,7
Marfil	173	72,7
Amarillo	22	9,2
Otro	8	3,4
Motilidad masal		
* (1)	37	15,5
** (2)	65	27,3
*** (3)	55	23,1
**** (4)	75	31,5
0	6	2,5
Anormalidades		
Normales	148	62,1
Anormales	9	3,7
Mayores	0	0
Menores	75	31,5
No reporta	6	2,5
Clasificación del toro		
Muy bueno	136	57,1
Bueno	63	26,5
Regular	21	8,8
Malo	18	7,6
Circunferencia escrotal		
Buena	216	90,8
Regular	18	7,6
Mala	4	1,7

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a las características cuantitativas del semen, se encontró que la motilidad y la vitalidad indicaron los mismos valores medios del 76 % y máximos del 100 %. En el caso de la concentración se encontró un promedio de 610 millones de espermatozoides (EPZ) con un valor mínimo de 24 millones de EPZ y un máximo de 1580 millones de EPZ (Tabla 3).

TABLA 3. Descripción de las características cuantitativas del semen

Características	Media	EE	Mínimo	Máximo
Edad	5,56	0,138	2	11
Volumen (mL)	10,00	0,421	0	85
Motilidad individual (m/mL)	0,7683	0,01638	0	1,0
Vitalidad (m/mL)	0,7631	0,01690	0	1,0
Concentración (millones de espermatozoides)	610.626.868	24.199.766	0	1.580.300.000
Circunferencia escrotal	37,02	0,303	10	48

Fuente: elaboración propia.

Análisis de correlación

Correlacionar las características físicas y seminales en toros reproductores de Casanare, o cualquier otra región, es esencial para mejorar la calidad genética, la eficiencia reproductiva y la sostenibilidad en la producción ganadera. Se observó una fuerte correlación negativa ($R \geq -0,7$) entre las características físicas como libido, erección, protrusión, eyaculación y tipo de eyaculación, y las características seminales como volumen, grumos, MS, MPI, vitalidad y concentración, lo cual sugiere que a medida que las características físicas aumentan, las características seminales tienden a disminuir (Tabla 4). Por otro lado, las anomalías no mostraron una relación negativa con las características físicas; de hecho, se destacó una correlación fuerte positiva ($R \geq 0,7$) para libido, erección, protrusión, eyaculación y tipo de eyaculación. Al parecer, a medida que estas características físicas aumentan, también lo hacen las anomalías. Además, se observó una correlación moderada positiva entre la concentración y la CE ($R=0,4$), lo que indica que un aumento en la CE está asociado con un aumento en la concentración espermática. Se encontró una correlación positiva muy débil entre la edad y las anomalías ($R=0,09$).

TABLA 4. Correlación entre las características seminales cuantitativas y las características físicas

Características	Vol.	Grumos	Color	MS	MPI	Vitalidad	Concentración	Anormalidades	CT
Edad	0,09	0,28	-0,13	0,16	0,13	0,13	0,14	0,09	-0,18
CE	0,4	0,44	-0,39	0,43	0,46	0,46	0,40	0,23	-0,43
Libido	-0,7	-0,9	0,75	-0,86	-0,91	-0,91	-0,81	0,68	0,84
Erección	-0,7	-0,89	0,88	-0,75	-0,85	-0,84	-0,69	0,81	0,73
Protrusión	-0,7	-0,89	0,88	-0,75	-0,85	-0,84	-0,69	0,81	0,73
Eyaculación	-0,8	-0,89	0,90	-0,77	-0,87	-0,86	-0,71	0,81	0,75
Tipo de eyaculación	-0,8	-0,89	0,90	-0,77	-0,87	-0,86	-0,71	0,81	0,75
CC	0,27	-0,29	-0,23	-0,05	-0,05	-0,01	-0,03	0,05	0,01
Pene	0,12	0,02	-0,17	-0,09	-0,08	-0,09	-0,12	0,20	0,07
Prepucio	0,13	-0,02	-0,21	-0,15	-0,14	-0,15	-0,17	0,23	0,15

Vol.: volumen; MS: motilidad masal; MPI: motilidad progresiva individual; CT: clasificación del toro.

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

En el examen clínico de los toros evaluados se halló que el 9 % de los animales no se encontraban aptos para participar en la investigación, ya que no cumplían con los criterios de inclusión establecidos; se identificaron toros sexualmente activos, que no tuvieron descanso reproductivo de 5 a 7 días antes de ser sometidos a la evaluación andrológica; animales mayores de 11 años, con patologías clínicas diagnosticadas o que estaban bajo algún tratamiento médico. En total fueron 238 animales aptos.

Kumar et al. (2015) señalan que el examen clínico completo es el primer paso en la evaluación de la fertilidad potencial de los toros reproductores. Igualmente, Páez-Barón & Corredor-Camargo (2014) mencionan que el examen físico contempla la estimación de la condición corporal, la revisión de los ojos, los aplomos y el aparato genital externo e interno (pene, testículos, vesículas seminales), y busca descartar aquellos toros con anomalías que puedan interferir con el deseo o la capacidad de monta, puesto que limitan o impiden su funcionalidad reproductiva.

La condición corporal (CC) mostró una correlación débilmente positiva ($R \geq 0,27$) con respecto al volumen del eyaculado y una correlación débilmente negativa ($R \geq -0,29$ y $-0,23$) con el grumo y color, respectivamente, pero no se encontró correlación con MS, MPI, vitalidad, concentración y anormalidad ($R \geq -0,05$; $-0,05$; $-0,01$; $-0,03$ y $0,05$, respectivamente). En la evaluación corporal que realizaron Maurat-Rosero et al. (2020), quienes también calificaron en escala de valoración 1-5 (1 es un animal extremadamente flaco y 5 es un animal obeso), el resultado fue 3,5 a 4,0, y anotaron que si la calificación es más alta, puede llegar a una obesidad que ocasionaría daños irreversibles en el aparato reproductor por la presencia masiva de grasa que dificulta la regulación de la temperatura genital. En caso contrario, si la valoración es menor que 3 en la condición corporal, significaría firmemente la presencia de infertilidad o baja calidad de progenie (Boe-Hansen et al., 2020).

En lo relativo a la circunferencia escrotal, el pene y el prepucio, en esta investigación se observó una correlación débilmente positiva ($R \geq 0,23$, $0,20$ y $0,23$), con la anormalidad de los espermatozoides; sin embargo, en el estudio realizado por Christensen et al. (2011) se indicó que la circunferencia escrotal mostró una regresión lineal positiva ($P < 0,04$) con el porcentaje de espermatozoides móviles progresivos, una regresión lineal negativa ($P < 0,1$) para la incidencia de anormalidades primarias en las células espermáticas, y una regresión lineal positiva ($P < 0,0001$) con las reservas espermáticas en el epidídimo; la morfología espermática en machos bovinos *Bos taurus* a los 18 meses de edad, presenta una relación curvilínea ($P < 0,001$) con la circunferencia escrotal. Estas circunferencias de 38 ± 1 cm produjeron semen con tasas altas (80 %) de espermatozoides normales, lo cual concuerda con el presente estudio en donde los toros de entre 24 y 36 meses, que representaron al

mayor número de toros incluidos en el estudio, mostraron circunferencias entre 29 a 39 cm y una correlación positiva con la presencia de anormalidades ($R=0,2$).

Según los resultados obtenidos, la edad de los animales no mostró relación ($R \geq 0,09$ y $0,09$) con respecto al volumen y anormalidades espermáticas; sin embargo, en un estudio realizado por Mandal et al. (2022) se demostró la presencia de anormalidades espermáticas en toros jóvenes; pero al aumentar la edad de los animales, a partir de los 32 meses, desaparecen estas anormalidades en la mayoría de los eyaculados, lo que revela que las anormalidades van disminuyendo con el incremento en la edad del macho, y que estos procesos de producción requieren un tiempo para estabilizar la calidad en la producción espermática, lo que es congruente con nuestro estudio debido a que los animales seleccionados se encontraban en madurez reproductiva (Tabla 6).

Con respecto a la relación entre la edad y las características microscópicas, como grumo, MS, MPI, vitalidad y concentración, se encontró una correlación débilmente positiva ($R \geq 0,28$; $0,16$; $0,13$; $0,13$ y $0,14$, respectivamente). Esto es similar a lo hallado por Souza et al. (2021), quienes observaron en su investigación que al incrementar la edad de los toros, hay un aumento gradual de la motilidad, el vigor y la concentración espermática, en los diferentes grupos estudiados.

La circunferencia escrotal mostró una correlación moderadamente positiva ($R \geq 0,4$; $0,44$; $0,43$; $0,46$; $0,46$ y $0,40$, respectivamente), con respecto al volumen, grumo, MS, MPI, vitalidad y concentración. Existe concordancia con lo reportado por Fordyce et al. (2014) en cuanto a que la medición de la circunferencia escrotal y la altura testicular es un elemento de gran importancia en los procesos de selección de un toro, ya que el tamaño de los testículos ha sido asociado positivamente con la producción de espermatozoides. En igual sentido, Memili et al. (2020) reportan que el perímetro escrotal es una característica reproductiva muy utilizada para el mejoramiento genético y la característica andrológica más estudiada. Su medida incide en la producción espermática, en mejor calidad seminal; en resumen, en una mejor eficiencia en la reproducción. Bustos Obregón y Torres-Díaz (2012) mencionan que la producción diaria de espermatozoides en el toro es de unos diez millones por gramo de parénquima, por lo tanto, cuanto más grande sea la circunferencia escrotal (CE), mayor producción de espermatozoides y reserva espermática, lo que implica que tendrá más espermatozoides para preñar más hembras. Así mismo, el estudio demostró que la circunferencia escrotal tiene una correlación moderadamente negativa con respecto al color.

Las características físicas de la libido, la erección, la protrusión, la eyaculación y el tipo de eyaculación mostraron una correlación fuerte negativa ($R \geq -0,7$), con las características seminales de volumen, grumos, MS, MPI,

vitalidad y concentración. Lo cual concuerda con lo reportado por Fair & Lonergan (2018), quienes mencionan que la libido se refiere al deseo de servir y se cree que es un rasgo altamente heredable, ya que existe una mayor variación de libido entre hijos de distintos padres que entre hijos del mismo padre. Es importante recordar que la circunferencia escrotal, la calidad del semen y la capacidad de servicio (evaluadas en la BSE) no están relacionadas con la libido; por otro lado, la libido, la erección, la protrusión, la eyaculación y el tipo de eyaculación mostraron una correlación fuerte positiva ($R \geq 0,7$) con relación al color y las anormalidades.

CONCLUSIONES

Las características cuantitativas del semen, como volumen, motilidad y concentración, mostraron valores promedio dentro de rangos aceptables para la reproducción.

Se observó una correlación fuerte negativa entre características físicas (libido, erección, protrusión, eyaculación y tipo de eyaculación) y características seminales (volumen, grumos, motilidad, vitalidad y concentración).

La circunferencia escrotal mostró una correlación positiva con varias características seminales, lo cual sugiere que un mayor tamaño de testículos podría asociarse con una mejor calidad seminal.

En este estudio se presentan por primera vez resultados sobre parámetros clave en la ganadería del Casanare. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las variaciones genéticas derivadas del cruzamiento de líneas y razas, aunque influyentes en los resultados presentados, no fueron objeto de investigación en esta ocasión. Además, la importancia de las condiciones nutricionales de los suelos y forrajes en los Llanos Orientales se reconoce, ya que es sabido que estos son inherentemente pobres desde el punto de vista nutricional.

La utilización de dietas balanceadas y suplementos por parte de los ganaderos, que reflejan el nivel tecnológico de producción, añade una variable adicional de complejidad a los datos obtenidos. En consecuencia, el presente estudio debe ser considerado como una aproximación exploratoria con limitaciones metodológicas. Se destaca la necesidad de describir detalladamente la población estudiada, es decir, la ganadería del Casanare, para contextualizar adecuadamente los resultados y entender las posibles influencias de factores no abordados en esta investigación.

Conflictos de intereses

Los autores no tienen intereses financieros o no financieros que revelar.

Contribuciones de autoría

EMBA y KPMA: idea conceptual, diseño metodológico y recolección de datos.
MDMR y SUT: análisis e interpretación de datos y redacción y edición.

Fuentes de financiamiento

Los autores declaran no haber recibido fondos, subvenciones u otras ayudas durante la preparación de este artículo, ya que fue una investigación independiente.

Consideraciones éticas

El proyecto se realizó de acuerdo con los lineamientos éticos contenidos en la Resolución 8430 de 1993, del Ministerio de Salud de Colombia. Además, se contó con el aval del Comité de Ética de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC, acreditado por el Ministerio de Salud de Colombia en el Acuerdo 52 de 2015, puesto que el estudio se efectuó con criterios investigativos.

BIBLIOGRAFÍA

- Adona, P. R., Souza, Y. L., Miranda, M. S., Rodrigues, I., Guevara, S., & Ferreira, M. B. (2022). Fertility analysis of bovine semen by in vitro fertilization. *Tropical Animal Health and Production*, 54(2), Artículo 137. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03147-1>
- Alexandre, G., Rodriguez, L., Arece, J., Delgadillo, J., Garcia, G. W., Habermeier, K., Almeida, A. M., Fanchone, A., Gourdine, J.-L., & Archimède, H. (2021). Agroecological practices to support tropical livestock farming systems: a Caribbean and Latin American perspective. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1), Artículo 111. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02537-7>
- Boe-Hansen, G. B., Rêgo, J. P. A., Satake, N., Venus, B., Sadowski, P., Nouwens, A., Li, Y., & McGowan, M. (2020). Effects of increased scrotal temperature on semen quality and seminal plasma proteins in Brahman bulls. *Molecular Reproduction and Development*, 87(5), 574–597. <https://doi.org/10.1002/mrd.23328>
- Bustos Obregón, E., & Torres-Díaz, L. (2012). Reproducción estacional en el macho. *International Journal of Morphology*, 30(4), 1266–1279. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022012000400004>
- Chacón, L., Navarro, O., Ladino, C., Martins, J., Perez, J., & Ardila, A. (2022). Sexual behavior and seminal characteristics of Brahman bulls in the Colombian tropical flooded savanna: effects of reproductive management systems and climatic periods. *Tropical Animal Health and Production*, 54(1), Artículo 81. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03087-w>
- Christensen, P., Labouriau, R., Birck, A., Boe-Hansen, G. B., Pedersen, J., & Borchersen, S. (2011). Relationship among seminal quality measures and field fertility of young dairy bulls using low-dose inseminations. *Journal of Dairy Science*, 94(4), 1744–1754. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3087>

- De Loyola Oriyés, C. J., Fiss Poll, Á. A., Vázquez Montes de Oca, R., & Ramírez Oriyés J. Á. (2014). Influencia de la condición corporal en la libido sexual de receladores vacunos con fimosis artificial. *Revista Producción. Animal*, 26(3). <https://core.ac.uk/download/pdf/268092318.pdf>
- Fair, S., & Lonergan, P. (2018). Review: Understanding the causes of variation in reproductive wastage among bulls. *Animal: an International Journal of Animal Bioscience*, 12(Sup. 1), 53–62. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000964>
- FAO. (2023). *Producción animal*. <https://www.fao.org/animal-production/es>
- Fordyce, G., McGowan, M. R., Lisle, A., Muller, T., Allen, J., Duff, C., Holroyd, R. G., Corbet, N. J., & Burns, B. M. (2014). Scrotal circumference of Australian beef bulls. *Theriogenology*, 81(6), 805–812. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.12.020>
- Hashem, N. M., & Gonzalez-Bulnes, A. (2021). Nanotechnology and reproductive management of farm animals: challenges and advances. *Animals*, 11(7), Artículo 1932. <https://doi.org/10.3390/ani11071932>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2023). *Censos Pecuarios Nacional*. <https://www.lca.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
- Koziol, J. H., Sheets, T., Wickware, C. L., & Johnson, T. A. (2022). Composition and diversity of the seminal microbiota in bulls and its association with semen parameters. *Theriogenology*, 182, 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.01.029>
- Kumar, U., Gawande, A. P., Sahatpure, S. K., Patil, M. S., Lakde, C. K., Bonde, S. W., Borkar, P. L., Poharkar, A. J., & Ramteke, B. R. (2015). Assessment of semen quality in pure and crossbred Jersey bulls. *Veterinary World*, 8(10), 1266–1272. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.1266-1272>
- Macías Moreira, Y. A., Zambrano Villacís, J. J., Zambrano Aguayo, M. D., & Andrade Yucailla, V. C. (2020). Evaluación de toros mestizos en el trópico seco en explotación extensiva como predictor de la relación toro/vaca. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 9(1), 81–93.
- Mandal, D. K., Kumar, M., & Tyagi, S. (2022). Effect of seasons and photoperiods on seminal attributes and sperm morphology in Holstein Friesian×Sahiwal cross-bred dairy bulls. *International Journal of Biometeorology*, 66(11), 2223–2235. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02350-x>
- Maurat-Rosero, E. R., Oleas-Carrillo, E. R., Vaca-Cárdenas, M. L., & Condolo-Ortiz, L. A. (2020). Valoración de la calidad seminal en toros charoláis de la provincia de Morona Santiago. *Polo del Conocimiento*, 5(4), 33–51.
- Memili, E., Moura, A. A., & Kaya, A. (2020). Metabolomes of sperm and seminal plasma associated with bull fertility. *Animal Reproduction Science*, 220, Artículo 106355. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106355>
- Mendivelso, F. (2022). Prueba no paramétrica de correlación de Spearman. *Revista Médica Sanitas*, 24(1). <https://doi.org/10.26852/01234250.578>
- Monina, M. I., Heritier, J. M., Della Croce, M. R., Galetti, E. J. R., Ierace, A. J. M., Juan, F. M., Olivares, M. D., Pechin, G., Rossetto, L., Vera, O. A., Verna, M., & Véspoli Pucheu, M. V. (2000). Evaluación ultrasonográfica de las gónadas del toro. *Ciencia Veterinaria*, 2(1), 91–102.

- Otasevic, V., Kalezic, A., Macanovic, B., Jankovic, A., Stancic, A., Garalejic, E., Korac, A., & Korac, B. (2019). Evaluation of the antioxidative enzymes in the seminal plasma of infertile men: contribution to classic semen quality analysis. *Systems Biology in Reproductive Medicine*, 65(5), 343–349. <https://doi.org/10.1080/19396368.2019.1600171>
- Páez-Barón, E. M., & Corredor-Camargo, E. S. (2014). Evaluación de la aptitud reproductiva del toro. *Ciencia y Agricultura*, 11(2), 49–59.
- Parra-Bracamonte, M. G., Magaña-Monforte, J. G., De la Rosa-Reyna, X. F., Martínez-González, J. C., Jahuey-Martínez, F. J., & Moreno-Medina, V. R. (2023). Genome-wide association study for identification of associated variations to scrotal circumference in Charolais cattle. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 31(Sup.), 81–85. <https://doi.org/10.53588/alpa.310515>
- Perumal, P. (2014). Scrotal circumference and its relationship with testicular growth, age, and body weight in Tho Tho (*Bos indicus*) bulls. *International Scholarly Research Notices*, 2014, Artículo 249537. <https://doi.org/10.1155/2014/249537>
- Reynolds, L. P., Borowicz, P. P., Caton, J. S., Crouse, M. S., Dahlen, C. R., & Ward, A. K. (2019). Developmental programming of fetal growth and development. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 35(2), 229–247. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.02.006>
- Romero Hernández, A. M. (2022). Sostenibilidad de la ganadería bovina en la Orinoquía: caso municipio de Paz de Ariporo, Casanare [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/83494/1032463135.2023.pdf>
- Ruiz-Sesma, B., Herrera-Haro, J. G., Rojas-Martínez, R. I., Mendoza-Nazar, P., Ruiz-Sesma, H., & Ruiz-Hernández, H. (2021). Caracterización del sistema doble propósito bovino y evaluación reproductiva de toros en el estado de Chiapas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2), Artículo e2811. <https://doi.org/10.19136/era.a8nii.2811>
- Souza, F. A., Martins, J. A. M., Emerick, L. L., Laskoski, L. M., Perez-Osorio, J., Souza, F. F., Cañon, A. L. P., & Vale Filho, V. R. (2021). Seminal plasma insulin-like growth factor I and total protein concentration in peripubertal period of the Gyr bulls. *Reproduction in Domestic Animals*, 56(10), 1279–1285. <https://doi.org/10.1111/rda.13987>
- Sylla, L., Palombi, C., Stradaoli, G., Vagniluca, A., & Monaci, M. (2015). Effect of semen collection by transrectal massage of accessory sexual glands or artificial vagina on the outcome of breeding soundness examinations of Italian yearling beef bulls. *Theriogenology*, 83(5), 779–785. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.11.011>
- Vince, S., Žura Žaja, I., Samardžija, M., Majić Balić, I., Vilić, M., Đuričić, D., Valpotić, H., Marković, F., & Milinković-Tur, S. (2018). Age-related differences of semen quality, seminal plasma, and spermatozoa antioxidative and oxidative stress variables in bulls during cold and warm periods of the year. *Animal*, 12(3), 559–568. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001811>
- Weiss, R. R., Abreu, A. C. M. R., Busato, E. M., Galan, T. G. B., Bertol, M. A. F., Bortoletto, C., & Lara, N. S. S. (2019). Ejaculação induzida em touro (*Bos taurus indicus*) por estimulação manual do pênis. *Archives of Veterinary Science*, 24(2), 55–60. <https://doi.org/10.5380/avs.v24i2.59558>