

Caracterización de la biometría testicular y escrotal en búfalo costarricense (*bubalus bubalis*) durante el periodo de septiembre a diciembre 2023

Characterization of testicular and scrotal biometry in costa rican buffalo (*bubalus bubalis*) during the period of september to december 2023

Caracterização da biometria testicular e escrotal em búfalo da costa rica (*bubalus bubalis*) durante o período de setembro a dezembro de 2023

Josué Alejandro Vega Figueroa

Corporación ganadera, Alajuela, Costa Rica

Universidad Técnica Nacional, Alajuela, Costa Rica

ROR: <https://ror.org/01s9pb40>

Contacto: vfjosue.16@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0009-0004-6370-3966>

Recibido 10-02-2024 Revisado 09-09-2024 Aceptado 9-02-2025

Resumen

El (*Bubalus bubalis*) comúnmente conocido como búfalo de agua en Costa Rica se introdujo desde el año 1974 como nueva alternativa en la producción animal en la zona atlántica. La actividad ha evolucionado en las últimas décadas hasta la actualidad, de tal forma que aumentó considerablemente la población de



estos animales desde su llegada. Por lo tanto, en el presente proyecto se caracterizó la biometría testicular y escrotal en 98 butoros, mediante palpación y medición de los componentes anatómicos del saco escrotal para el establecimiento de una línea base de tipificación andrológica en la especie. La caracterización se realizó en 98 ejemplares de diferentes razas Murrah, Mediterráneo, Buffalypso y cruces indefinidos con el programa estadístico R, animales distribuidos en las provincias del país como: Cartago, Guanacaste, San José, Alajuela, Limón y Puntarenas. Se obtuvo parámetros morfométricos a nivel testicular como: circunferencia escrotal, largo y ancho de cada testículo, además se evaluó el tono testicular y la movilidad, así como cabeza, cuerpo y cola del epidídimo. Se logró tipificar y caracterizar la circunferencia escrotal para establecer promedios de referencia de medida según la edad de los sementales bufalinos; se fomentó la importancia de una cultura de selección genética, compra de animales para cría en los hatos con una evaluación de los caracteres que se pueden transmitir en las explotaciones bufaleras. Además de formar alianzas entre asociaciones y entes públicos que impulsaron el proyecto se refleja la importancia que tiene el conocimiento de estudios reproductivos en el ámbito bufalero en Costa Rica.

Palabras clave: Circunferencia escrotal; parámetros morfométricos; Murrah; Mediterráneo; búfalo de agua.



Abstract

The (*Bubalus bubalis*), commonly known as water buffalo in Costa Rica, was introduced in 1974 as a new alternative in animal production in the Atlantic zone. The activity has evolved in recent decades to the present day, in such a way that the population of these animals has increased considerably since their arrival. Therefore, in the present project, the testicular and scrotal biometry was characterized in 98 buteros, through palpation and measurement of the anatomical components of the scrotal sac to establish a baseline of andrological typing in the species. The characterization was carried out on 98 specimens of different Murrah, Mediterranean, Buffalypso breeds and indefinite crosses with the R statistical program, animals distributed in the country's provinces such as: Cartago, Guanacaste, San José, Alajuela, Limón and Puntarenas. Morphometric parameters were obtained at the testicular level, such as: scrotal circumference, length and width of each testicle, testicular tone and mobility, as well as head, body and tail of the epididymis, were also evaluated. It was possible to typify and characterize the scrotal circumference to establish reference averages of measurement according to the age of the buffalo stallions; The importance of a culture of genetic selection was promoted, purchasing animals for breeding in herds with an evaluation of the characteristics that can be transmitted on buffalo farms. In addition to forming alliances between associations and public entities that promoted the project, the importance of knowledge of reproductive studies in the buffalo field in Costa Rica is reflected.

Keywords: Scrotal circumference; morphometric parameters; Murrah; Mediterranean; water buffalo.



Resumo

O (*Bubalus bubalis*), comumente conhecido como búfalo na Costa Rica, foi introduzido em 1974 como uma nova alternativa na produção animal na zona atlântica. A atividade evoluiu nas últimas décadas até aos dias de hoje, de tal forma que a população destes animais aumentou consideravelmente desde a sua chegada. Portanto, no presente projeto, a biometria testicular e escrotal foi caracterizada em 98 butoros, através da palpação e mensuração dos componentes anatômicos do saco escrotal para estabelecer uma linha de base de tipagem andrológica na espécie. A caracterização foi realizada em 98 exemplares de diferentes raças Murrah, Mediterrâneo, Buffalypso e cruzamentos indefinidos com o programa estatístico R, animais distribuídos nas províncias do país como: Cartago, Guanacaste, San José, Alajuela, Limón e Puntarenas. Foram também avaliados parâmetros morfométricos a nível testicular, tais como: circunferência escrotal, comprimento e largura de cada testículo, tônus e mobilidade testicular, bem como cabeça, corpo e cauda do epidídimo. Foi possível tipificar e caracterizar a circunferência escrotal para estabelecer médias de referência de medida de acordo com a idade dos garanhões bubalinos; Promoveu-se a importância de uma cultura de seleção genética, comprando animais para reprodução em rebanhos com avaliação das características que podem ser transmitidas nas fazendas bubalinas. Além de formar alianças entre associações e entidades públicas que promoveram o projeto, reflete-se a importância do conhecimento dos estudos reprodutivos na área bubalina na Costa Rica.

Palavras-chave: Circunferência escrotal; parâmetros morfométricos; Murrah; Mediterrâneo; búfalo.



Introducción

La presente investigación sobre este trabajo de graduación tiene como objetivo caracterizar los parámetros anatómicos y estructurales de los testículos en búfalos de agua en Costa Rica, mediante el uso de biometría testicular con escrotímetro y caliper para el establecimiento de una línea base de tipificación andrológica en la especie, se tomó como muestra representativa un estimado de 90 animales de una población de 252 reproductores machos, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, animales dedicados a la reproducción en distintos sistemas de producción, los cuales pertenecen en su mayoría a zona norte y atlántica del país, regiones con mayor cantidad de animales (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

La restructuración del mejoramiento genético de esta especie ha resultado de interés zootécnico para el sector ganadero en Costa Rica, además de ser un animal importante por su uso en sistemas agroindustriales y agrosilvopastoriles, lo cual permite beneficiar el ecosistema inmerso que desarrolla la actividad productiva, también impulsa la investigación y el beneficio para las entidades públicas al aportar mejores condiciones a los productores gracias a las nuevas técnicas de evaluación reproductiva que permite el conocer el valor genético de sus sementales y la calidad seminal que pueden manifestar (Bertoni *et al.*, 2022; Leandro, 2022).

Algunas limitaciones previstas durante el desarrollo de la investigación y recopilación de datos fueron: el tipo de geografía, ubicación de las fincas, difícil acceso tanto para el personal que demuestra interés en recopilar información como de parte de los propietarios de los ejemplares, condiciones inadecuadas respecto a infraestructura (corrales, mangas, entre otras), de igual manera se identifica la oportunidad de incluir ejemplares que reúnan las condiciones que no se encuentren en el área de estudio ya que la distribución de estos animales está en todo el territorio nacional.

La investigación nace a raíz de la problemática existente sobre la ausencia y el desconocimiento de información referente a los parámetros en la clasificación de la circunferencia escrotal en los búfalos de Costa Rica, tampoco se cuenta con un rango de selección de caracteres heredables a



nivel reproductivo. Los profesionales involucrados en la producción y los productores de búfalos en nuestro país carecen de criterios específicos de selección del tamaño testicular de los animales en etapa reproductiva en los sistemas de producción, por lo cual, en los últimos años se interfirió en el avance hacia técnicas y métodos como lo es la criopreservación del semen, inseminación artificial y selección genética.

De tal forma que genera un estancamiento de las producciones, dificultades de manejo, malnutrición y ausencia de bancos genéticos, problemas que confrontan los productores costarricenses junto a nuevos retos de mejora genética en los búfalos; generando una reproducción y crecimiento de la población sin una dirección clara o establecimiento de los lineamientos productivos o reproductivos en el entorno bufalino.

Se consideraron estudios de investigadores procedentes de Colombia como Espitia *et al.* (2017) que caracterizaron la circunferencia escrotal y su relación con otros parámetros morfométricos en machos bufalinos (*Bubalus bubalis*) raza Murrah. Tomaron como muestra 14 machos a partir de los 10 hasta los 20 meses de edad, además cada 28 días median la circunferencia escrotal y longitud testicular hasta determinar que en el grupo la correlación en el crecimiento de circunferencia escrotal durante el seguimiento fue de $12,4 \pm 1,0$ cm a $20,2 \pm 1,4$ cm y la morfometría en el desarrollo del animal aumentó de $162,1 \pm 24,9$ kg a $323,8 \pm 39,8$ kg, de igual forma el incremento de longitud testicular en LTD fluctúo de $4,0 \pm 0,7$ cm a $7,4 \pm 0,7$ cm. La LTI inició con $4,2 \pm 0,5$ cm y finalizó en $6,9 \pm 0,6$ cm, éstos aportaron información sobre la importancia del desarrollo testicular en países cercanos con ecosistemas similares.

De igual forma el autor Vale (2011) en su investigación "Avances biotecnológicos en reproducción de búfalos en la región de Pará, Brasil", indica que el mejoramiento que ha impulsado las diferentes técnicas de reproducción animal en la eficiencia en las explotaciones bufaleras conlleva al uso de la técnica de conservación del semen para posteriormente implementarla en la inseminación artificial. Por tanto, resulta como un instrumento beneficioso en la mejora genética de la especie, siempre y cuando se realicen exámenes sanitarios y reproductivos para seleccionar los ejemplares de mayor calidad y dominancia, para caracteres hereditarios. De igual forma determinó que la circunferencia escrotal para animales de la raza Murrah entre 30 y 36 meses de edad, tienen un rango de circunferencia escrotal entre (24.4 hasta 31.9 cm) factor correlacionado a la condición corporal y la edad.



Finalmente, el estudio permitió contribuir en el aporte de conocimiento científico y reproductivo de la genética presente en el país, así mismo, evidenciar la importancia que tiene el conocimiento de los parámetros reproductivos en las explotaciones que trabajan con esta especie y comparar datos de CE y parámetros morfométricos presentes en la muestra de la población de búfalos de Costa Rica con los reportados por otros estudios en diferentes países como Brasil, Colombia y Cuba éstos enfocados en el crecimiento y superación de selección genética en la especie, abriendo de esta forma, una puerta a productores que sean más competitivos al momento de incorporar un ejemplar de alto valor genético y mejores ofertas de los animales que se crían en el país.

Marco Teórico

Se evalúo la biometría testicular llamado como así al conjunto de caracteres a nivel testicular que corresponden a su tamaño, forma, largo, estructuras anatómicas adyacentes como, cola, cabeza y cuerpo del epidídimo, estos son muy similares a los genitales de los bovinos, sin embargo, estas estructuras tienen un menor tamaño en los reproductores *Bubalus bubalis* por lo cual la circunferencia escrotal será menor y su repetitividad se ve relacionada a la heredabilidad en la progenie (Ramírez, 2016; Hyppolito, 2019; Vale, 2011; Ramalho, 2017).

La [Circunferencia Escrotal \(CE\)](#) es el indicador directo expresado en cm de gran significancia reproductiva debido a su relación con el parénquima testicular y la capacidad de producción y calidad seminal, siendo un carácter de selección del tamaño testicular, permitiendo la continua mejora genética. (Páez y Corredor, 2014; Hyppolito, 2019; Ramalho, 2017).

Cada medición debe ser individual en cada testículo para verificar la existencia o ausencia de adherencias testiculares que afecten su movimiento natural y fisiológico para satisfacer la necesidad de termorregulación natural además de posibles alteraciones que se pueden encontrar como hipoplasia, criotorquidia, entre otras.



Metodología

El presente estudio se realizó en las provincias de San José, Alajuela, Cartago, Guanacaste, Puntarenas y Limón, en las fincas distribuidas en los diferentes distritos de los cantones de Guatuso, Upala, Atenas, Pococí, Guácimo, Bagaces, Santa Cruz, Alvarado y Garabito. regiones caracterizadas por un clima tropical, una temperatura con rango de 24 a 30° C, predominando un relieve territorial bajo sin sobrepasar los 800 m.s.n.m y presentan un déficit en el aporte fluvial durante aproximadamente 3 a 4 meses, en el periodo de verano, por lo cual se asocian problemas a las explotaciones agropecuarias, sin embargo, son provincias lluviosas en el país con un rango de 2000 a 3200 mm de lluvia anuales en promedio (Inder, 2014; Inder, 2015; IFAM, 2022; IMN, 2023).

Se caracteriza la biometría testicular y escrotal en 98 machos reproductores de diferentes razas como Murrah, Mediterráneo, Bufalypso y cruces indefinidos que se clasificarán en cuatro categorías de edades (en meses): de 12 a 18, 19 a 25, 26 a 32 y más de 33. El proceso permitió la visita a productores durante el periodo de septiembre hasta diciembre del 2023 personas asociadas a la Cámara Nacional de bufaleros de Costa Rica. Previamente filtrados e invitados por medio de vía telefónica a los candidatos en participar del estudio y se tomó dentro de la estadística solo ejemplares enteros (sin castrar).

Al momento de la visita a productores previamente filtrados se utilizó una tabla de registro como se muestra en la Tabla 1. Donde se reúna toda la información requerida como datos generales del productor, del animal, puntos geográficos y las características morfológicas y anatómicas del saco escrotal, además del parénquima testicular que se establece en el proyecto.



Tabla 1 Registro de datos cualitativos de los testículos

Estructura	Característica	T.I	T.D
Tono testicular	<ul style="list-style-type: none"> - Suave - Duro - Fibroelástico 		
Cola del epidídimo	<ul style="list-style-type: none"> - Llenas - Vacías - Atrofiada - Alteraciones (quistes, fibrosis) 		
Cabeza del epidídimo	<ul style="list-style-type: none"> - Atrofiada - Normal - Alteraciones (quistes, fibrosis) 		
Cuerpo del epidídimo	<ul style="list-style-type: none"> - Normal - Inflamado 		
Movilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Normal - Adherencias 		
Longitud del testículo	- cm		
Ancho del testículo	- cm		

Fuente: Delgado (2015) y Galina (2021).

Se realiza un proceso de medición mixta de forma cuantitativa y cualitativa mediante contención adecuada se garantiza la seguridad del animal, del evaluador y se evita el excesivo movimiento de este, se acerca desde la parte caudal del animal hacia la región inguinal para manipular la bolsa escrotal y ejecutar las mediciones cualitativas palpables y cuantitativas

con escrotímetro y caliper.

Esto permite inspeccionar las características morfométricas de las estructuras anatómicas, la medición en centímetros de la circunferencia escrotal en una línea media de la totalidad de la longitud de los testículos, se realiza una presión adecuada en el escrotímetro, que permita remover la piel y solo contemplar el valor del parénquima testicular como se observa en la Figura 2. De igual forma se realiza la medición de la longitud del testículo y el ancho utilizando el pie de Rey como se muestra en la Figura 3 (Hippolito, 2019; Leandro, 2022).

Figura 2 Proceso de medición con escrotímetro



Figura 3 Proceso de medición con pie de Rey



Este proyecto se analizó con el programa R, con los resultados obtenidos de la medida de circunferencia escrotal y la edad, se estimó bajo el modelo correlación de Spearman de forma lineal para determinar la fuerza de asociación entre las dos variables, el promedio respecto a la CE de la muestra y la edad en los cuatro estratos de clasificación, al igual que sus caracteres anatómicos y cualidades morfológicas que conforman el saco escrotal de los *Bubalus bubalis* en Costa Rica.

La recopilación de los datos respecto a parámetros palpables cualitativos como tono testicular, cuerpo, cabeza y cola del epidídimos además de la movilidad en los testículos de butoros se estructura con el programa algebraico Excel, para elaborar tablas y gráficos representativos de los resultados de clasificación en cada individuo evaluado y la tipificación de los caracteres relacionados en Costa Rica durante el periodo de septiembre a diciembre del 2023, para comparar con los reportados en otros países por diferentes autores

Resultados

El análisis descriptivo de los datos se clasifica por raza una cantidad de 28 ejemplares Mediterráneo, 55 Murrah, 9 Buffalypso y 8 cruces indefinidos, además de ser divididos en cuatro grupos por edad de 12 a 18, 19 a 25, 26 a 32 y > a 33 meses, para determinar la estadística necesaria del proyecto se consideran 98 animales y se eliminan dos ejemplares de esta, debido a la presencia de criptorquidia unilateral.

Los 98 animales presentaron igualdad estadística en los valores de medición cualitativos, el tono testicular es fibroelástico para ambos testículos, condición ideal para evaluar la calidad del parénquima testicular, la movilidad asociada a cada testículo es normal permitiendo buen desplazamiento para las funciones fisiológicas y estructuras asociadas como cabeza, cola y cuerpo del epidídimo se determinaron sin alteraciones aparentes esto acorde a la capacidad reproductiva en que se encuentre cada ejemplar independientemente.

Se determinó el rango de CE en la (N) de muestras que se clasifican por grupo de edad como evidencia a Tabla 2. Además, se evidencia el aumento en la medida promedio del tamaño de la CE en relación con la clasificación de los grupos de edad en los búfalos evaluados para la edad reproductiva en que se encuentre.

Tabla 2 Clasificación de los grupos por edad en meses con el rango de circunferencia escrotal en centímetros para búfalos criados en Costa Rica

N	Edad (meses)	Máx. (cm)	Promedio (cm)	Mín. (cm)
22	12 a 18	25.3	22.0	17.8
24	19 a 25	29.5	24.0	20.5
21	26 a 32	32.0	26.6	22.5
31	> de 33	35.5	29.4	25.0

El estudio permitió tipificar y obtener límites de referencia para ser utilizados en Costa Rica como se muestra en la Tabla 3. Donde se clasifican los parámetros morfométricos de la circunferencia escrotal en centímetros

según la edad de los sementales contemplando la desviación estándar para cada media estadística en cada grupo de los ejemplares evaluados. Además de comparar los datos obtenidos con los publicados por países como: Colombia, Brasil y Cuba los cuales son potencias a nivel genético respecto a la producción bufalina.

Tabla 3 Comparación de media de circunferencia escrotal en centímetros por edad de búfalos considerando datos obtenidos en Costa Rica vs publicaciones de otros países

Edad/mes es	Datos publicados CE	Datos obtenidos CE
12 a 18	22 ± 2.8- 24.2 ± 2.5 ⁽¹⁾	22.0 ± 2.0
19 a 25	21 ± 3.3-29 ± 3.5 ⁽²⁾	24.0 ± 2.5
26 a 32	21.7 ± 2.2-27.4 ± 1.2 ⁽³⁾	26.6 ± 2.2
> de 33		29.4 ± 2.2

¹: Cuba; ²: Brasil; ³: Colombia

Fuente: (Almaguer *et al.*, 2017; Vale *et al.*, 2004; Carrascal *et al.*, 2022)

Además, el estudio demostró que las mediciones realizadas en función al largo y ancho de los testículos tanto el derecho como el izquierdo en relación a cada grupo de edades evaluados, no presenta diferencias significativas que logren afectar la selección de los reproductores como se representa en la Tabla 4.

Tabla 4 Media de parámetros morfológicos como largo y ancho en testículo izquierdo (T. I) y testículo derecho (T.D) de los búfalos

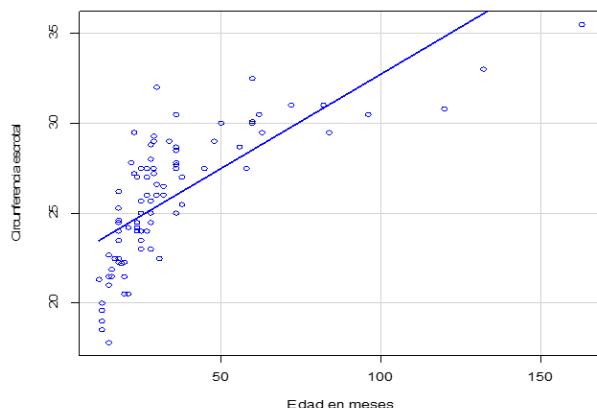
N	Edad	Largo		Ancho	
		T. I	T. D	T. I	T. D
22	12 a 18	9.3 ± 1.2	9.3 ± 1.2	4.8 ± 0.5	5.1 ± 0.5
24	19 a 25	9.6 ± 1.3	9.4 ± 1.3	5.4 ±	5.4 ±



21	26 a 32	10.7 ± 1.0	10.5 ± 1.0	6.1 ± 0.6	6.3 ± 0.6
31	> de 33	11.7 ± 1.4	11.7 ± 1.4	6.5 ± 1.0	6.8 ± 1.0

Se obtuvo bajo el programa estadístico R Studio, una ($r = 0.84$) sobre el coeficiente de correlación lineal entre las variables de circunferencia escrotal y edad en meses de los búfalos evaluados. Se determinó que existe una magnitud de fuerza alta y positiva sobre la relación existente en el aumento de la edad en meses con el crecimiento de circunferencia escrotal de los reproductores como se puede evidenciar en la siguiente Figura 3.

Figura 3 Correlación lineal sobre las variables de edad en meses y CE de los búfalos



El estudio permitió conocer que el 94% de los ejemplares de la población total evaluada tiene una condición corporal de tres, ideal para desarrollar funciones viables de reproductor, clasificados en una escala del uno a cinco, donde uno es una condición no deseable con estado de caquexia o desnutrición severa, dos presenta un estado de desnutrición, tres es la condición ideal de un animal que le permita cumplir con su ritmo biológico desempeñando su fisiología con normalidad sin afectaciones reproductivas, cuatro presenta sobre peso, cinco su condición es obesa y dificultad para realizar actividades funcionales.

Un grupo del 3% que presentaron baja condición corporal se encontró que se mantenían con una alta cantidad de hembras en reproducción sin

recibir el aporte nutricional adecuado, el otro grupo del 3% de animales presentó el efecto contrario en el cual no estaban con hembras reproductivas y recibían un exceso de aporte nutricional con poca actividad reproductiva elevando su condición corporal hasta 4 en la escala antes mencionada.

Discusión y conclusiones

Según los datos del presente estudio se logró superar la estadística de autores en países más desarrollados en el ámbito bufalino como lo es Colombia y según autores como Espitia *et al.* (2017), se puede inferir de su estudio que la medida de los animales de raza Murrah alcanzan aproximadamente los 13 a 14 cm ± 1 cm a los 12 meses de edad y en Costa Rica el mínimo reportado para los 12 meses de edad es de 17.8 cm en circunferencia escrotal. Lo que genera un margen de diferencia superior siendo muy significativo para los ejemplares desarrollados y criados en nuestro país.

Se puede relacionar el estudio realizado por Vale (2011), en su investigación "Avances biotecnológicos en reproducción de búfalos en la región de Pará, Brasil". Donde determinó que la circunferencia escrotal para ejemplares de la raza Murrah entre 30 y 36 meses de edad, tienen un rango de circunferencia escrotal entre (24.4 hasta 31.9 cm) y en Costa Rica se reporta un rango de 25.0 hasta 35.5 cm en circunferencia escrotal en la clasificación de reproductores > a 33 meses de edad demostrando así que se puede producir reproductores asociados a niveles de selección que tienen otros países aún más avanzados genéticamente que Costa Rica.

El análisis del proyecto permitió relacionar la biometría testicular y escrotal de los animales desarrollados en Costa Rica con la edad de estos, al caracterizar y tipificar los límites de referencia en promedio y mínimos del crecimiento testicular de los búfalos en centímetros, lo que permite obtener una tabla de tipificación para seleccionar los futuros reemplazos reproductores de los hatos bufalinos en nuestro país.

Se describe que la circunferencia escrotal para animales criados en Costa Rica es para los ejemplares de 12 a 18 meses de 22.0 cm, a los 19



a 25 meses es de 24.0 cm, de 26 a 32 meses es 26.4 cm y > a 33 meses de edad deben superar los 29.4 cm de circunferencia escrotal según el rango de edad reproductiva en que se mantenga el ejemplar.

Se evaluaron las características de las góndadas del butoro indiferentemente la raza y se evidencia que los 98 animales cumplen con una morfología y estructura apta para la reproducción y los que incumplen o presentan alteraciones genéticas incompatibles con el estudio se deben descartar como reproductores.

Se permite conocer que Costa Rica produce búfalos competitivos a nivel internacional al ser comparados los mismos en diferentes categorías con países como Colombia, Brasil, India e inclusive Venezuela en los sistemas de producción bufalina.

Recomendaciones

Mejorar las condiciones de instalaciones y registros de animales para un adecuado manejo y trazabilidad de los mismos con seguridad para los trabajadores en las fincas y rastreabilidad nacional

Fomentar la importancia de realizar las mediciones a nivel testicular y estudios relacionados a reproducción bufalina en Costa Rica para desarrollar la mejora de la especie con las cualidades que presenta el país.

Realizar compra y selección de futuros reemplazos de butoros bajo mínimo una medición de circunferencia escrotal y parámetros de biometría testicular dentro de las características fenotípicas del reproductor para evitar la continua reproducción de animales deficientes en el entorno reproductivo de los hatos bufaleros.

Generar alianzas con diferentes entes institucionales de Costa Rica para aumentar el entorno de la cultura bufalina en el país permitiendo el apoyo de proyectos que beneficien al productor.



Referencias Bibliográficas

- Almaguer, Y., Font, H., Cabrera, S., & Arias, Y. (2017). Relación entre las medidas corporales y testiculares en toros jóvenes de búfalo en Cuba. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 30 (2), 138-146. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v30n2a05>
- Bertoni, A., Álvarez, A., Mota, D., & Santos, V. (2022). Sustainable wáter buffalo systems in the Latin American humid tropics: an agroecology approach. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8814431>
- Carrascal, E., Mejia, J., Lopez, D., & Ramirez, J. (2022) Testicular biometrics of Murrah buffalo in different age groups. Universidad CES. Antioquia, Colombia.
- Delgado, L. (2015). Caracterización morfológica de los testículos en bovinos de la raza Brows Swiss de 9-24 meses de edad en las parroquias Tena, Puerto Napo y Misahualli, Cantón Tena de la provincia de Napo (Tesis de licenciatura). <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23757>
- Espitia, A., Montes, D., Hernández M., & Sfeir, B. (2017). Circunferencia escrotal y parámetros morfométricos en machos *Bubalus bubalis* de la raza Murrah. Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA, 9(1), 73-80. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.n1.2017.501>
- Galina, C. (2021). Reproducción de los animales domésticos. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://reproduccionanimalesdomesticos.fmvz.unam.mx/libro/capitulo2/index.html>
- Hyppolito, M., Zorzetto, M., Silva, E., Tironi, S., Gomes, A., Codognoto, V., Vieira, A., Salgado, L., Marques, N., & Oba, E. (2019). Testicular Parameters and its Influence in Buffaloes (*Bubalus bubalis*) Sexual Behaviour. Acta Scientiae Veterinariae. 47. doi: 10.22456/1679-9216.96815.

Instituto de desarrollo rural de Costa Rica. (2014). Dirección territorial San Carlos. Informe de caracterización básica del territorio Guatuso-Upala-Los Chiles. <https://www.inder.go.cr/nortenorte/>

Instituto de desarrollo rural de Costa Rica. (2015). Oficina subregional de San Carlos, dirección Huetar Norte. Informe de caracterización básica territorio San Carlos-Peñas Blancas-Río Cuarto. <https://www.inder.go.cr/san-carlos-peñas-blancas-rio-cuarto/Caracterizacion-San-Carlos-Penas-Blancas-Rio-Cuarto.pdf>

Instituto de Fomento y Asesoría Municipal. Directorio de Municipalidades. https://www.ifam.go.cr/?page_id=745

Instituto Meteorológico Nacional. (2023). Zona norte. <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/31165/ZonaNorte.pdf/c08ed9c6-3d27-4f76-a20a-7cac913fb6d8>

Leandro, J. (2022). Determinación de los indicadores morfométricos reproductivas en machos búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) mediante examen andrológico con el uso del electro- eyaculador en Costa Rica.

Ministerio de Agricultura y Ganadería, (2020). Plan de desarrollo sub sector bufalero 2020-2022 <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-8904.pdf>

Páez, E., & Corredor, E., (2014). Evaluación de la aptitud reproductiva del toro. Ciencia y Agricultura, 11(2), 49-59. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560058659007>

Ramalho, R., Couto, D, Rodrigues, V., & Camargo, A. (2017). Características morfométricas e testiculares de búfalos em diferentes idades. Ciencia Animal Brasileira, 18, e21599. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v18e-21599>

Ramírez, C., Rugeles, C., Guimaraes, J., & Vergara, O. (2016). Relación entre biometría testicular y circunferencia escrotal en toretes de la raza Nelore en Brasil. Revista Científica, 26(1), 49-54.
<https://www.redalyc.org/journal/959/95944832009/movil/>

Vale, W. (2011). Avances biotecnológicos en reproducción de búfalos. Revista Tecnología En Marcha, 24(5), pág.89.https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/168