

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/364318306>

Chapter 16. Bienestar de la búfala durante el parto y ordeño, aspectos fisiológicos y conductuales. Book: EL BÚFALO DE AGUA EN LAS AMÉRICAS. Fourth edition. 2022: 423-456.

Chapter · July 2022

CITATIONS

0

READS

164

13 authors, including:



Daniel Mota-Rojas

Metropolitan Autonomous University

549 PUBLICATIONS 4,012 CITATIONS

SEE PROFILE



Fabio Napolitano

Università degli Studi della Basilicata

321 PUBLICATIONS 5,332 CITATIONS

SEE PROFILE



Ayman H. Abd El-Aziz

Damanhour University

57 PUBLICATIONS 227 CITATIONS

SEE PROFILE



Ada Braghieri

Università degli Studi della Basilicata

174 PUBLICATIONS 3,038 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



VALBUSA View project



Acknowledgment to the Reviewers View project

EL BÚFALO DE AGUA

EN LAS

AMÉRICAS

Comportamiento y productividad



Fabio Napolitano • Daniel Mota Rojas • Agustín Orihuela
Ada Braghieri • Danilda Hufana-Duran • Ana Strappini
Alfredo MF Pereira • Marcelo Ghezzi • Isabel Guerrero
y Julio Martínez-Burnes

Editores



Editores



Prof. Dr. Fabio Napolitano (†). Profesor investigador Escuela de Ciencia Agrícola, Forestal, Alimentaria y Ambiental (SAFE), Università degli Studi della Basilicata (UNIBAS), Italia. Docente de Posgrado, imparte los cursos de Producción Animal Sustentable y Producción Orgánica y Bienestar Animal. Experto en comportamiento y bienestar del búfalo de agua. Hasta su lamentable fallecimiento hace unas semanas, fue Editor en Jefe de la revista **Journal of Buffalo Science**.

Dr. Daniel Mota-Rojas. Profesor Investigador en Comportamiento y Bienestar Animal. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México. Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias y de la Academia Veterinaria Mexicana. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT en México (nivel III). Miembro del Consejo de Revisores de la revista **Journal of Buffalo Science** (Canadá).



Co-editores



Prof. Dr. Agustín Orihuela. Profesor titular de las cátedras de Bienestar Animal y de Comportamiento Animal. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. Postdoctorado de la Universidad de California, Davis Estados Unidos, en Comportamiento Animal. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT en México (Investigador Nacional Emérito).

Prof. Dra. Ada Braghieri. Profesora investigadora titular en la Escuela de Ciencia Agrícola, Forestal, Alimentaria y Ambiental (SAFE), Università degli Studi della Basilicata (UNIBAS), Italia. Imparte cursos sobre evaluación sensorial de productos de origen animal y evaluación de la sostenibilidad ambiental de los sistemas de producción ganadera.



Dra. Danilda Hufana-Duran. Jefe de la Sección de Investigación en Reproducción y Fisiología del Departamento de Agricultura-Centro Carabao de Filipinas. Estudia la reproducción asistida y estrategias de sustentabilidad en búfalos de agua y ganado bovino.



Dra. Ana Carolina Strappini. Investigadora Senior del Departamento Animal Health & Welfare de la Universidad de Wageningen, Países Bajos. Es Profesora Adjunta *ad honorem*, Instituto de Ciencia Animal, Universidad Austral de Chile, Chile.



Prof. Dr. Alfredo M.F. Pereira. Profesor titular del Departamento de Ciencia Animal de la Universidad de Évora, Portugal. Es profesor invitado de la Universidad de São Paulo, Brasil, e imparte cursos de posgrado en el área de bioclimatología y adaptación animal con énfasis en búfalo de agua.



Prof. Dr. Marcelo Daniel Ghezzi. Profesor Titular de Anatomía Veterinaria y Coordinador del Área Bienestar Animal-Producción Bovina-Bufalina, en la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Argentina.



Prof. Dra. Isabel Guerrero Legarreta. Profesora Investigadora, Emérita y Distinguida. Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México. Campus Iztapalapa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT en México (nivel III). Experta en ciencia de los alimentos y bienestar del búfalo de agua.



Prof. Dr. Julio Martínez-Burnes. Profesor Emérito de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), México. Miembro de la Academia Veterinaria Mexicana. Ha impartido cátedra de Patología General y Patología Sistémica en Licenciatura y Posgrado.



Professor Fabio Napolitano – 1963 - 2022

Fabio Napolitano was full Professor at the School of Agriculture, Food, Forestry and Environmental Sciences ([University of Basilicata, Italy](#)) and Coordinator of the PhD course in Agricultural, Forest and Food Sciences. At the same University, Fabio started his academic career as researcher in 1995. He was involved in several projects concerning animal behaviour (regional and national level) and animal welfare (national and international level), and in particular on [Mediterranean Italian buffaloes](#).

He has been nominated member of the scientific committee of external reviewers by the European Food Safety Authority (EFSA) for the period 2009-2011 and contributed to draft the external reviews of the quality of the scientific outputs of EFSA. He has been nominated member of the working group on sheep welfare by EFSA in 2013 and contributed to draft and publish a “Scientific Opinion on the welfare risks related to the farming of sheep for wool, meat and milk production” and a Technical Report titled: “Outcome of a public consultation on the Draft Scientific Opinion of the EFSA Panel on Animal Health and Welfare on the welfare risks related to the farming of sheep for wool, meat and milk production”. He has been nominated member of the working group on Animal-based measures (ABMs) gap analysis and contributed to draft and publish a Technical Report titled: “The use of animal-based measures to assess animal welfare in EU - state of the art of 10 years of activities and analysis of gaps.

He has been nominated expert evaluator for the calls of the Societal Challenge of Horizon 2020.

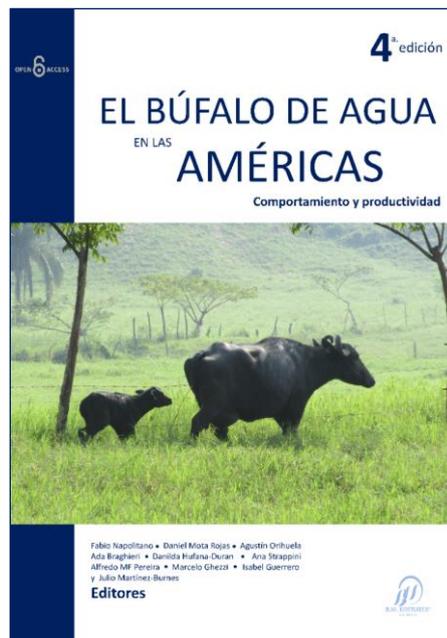
He was member of the editorial board of the journals “Animals” (MDPI), “Journal of Food Quality” (Hindawi), and “International Journal of Food Studies” (ISEKI_Food Association), Editor in chief of the third Edition of the book “[Water buffalo in the Americas](#)” and Editor in chief of the “[Journal of Buffalo Science](#)” (LifeScience Global, Canada).

In 2021 he was included in the "career" and "single year" categories of the "Updated science-wide author databases of standardized citation indicators", published by Stanford University. He was author of 150 indexed scientific articles, with 3,150 citations and an h-index of 33.

[Fabio was a recognized pioneer of the study of buffalo behaviour and welfare](#). He had the gift of conversing to everyone as an equal, Fabio was not a man who put on airs or thought he was superior to others. We will miss his smiles, cheerful advices, availability and scientific expertise. His way of approaching life will be impressed in our minds for ever.

CAPÍTULO 16

BIENESTAR DE LA BÚFALA DURANTE EL PARTO Y ORDEÑO, ASPECTOS FISIOLÓGICOS Y CONDUCTUALES



EL BÚFALO DE AGUA EN LAS AMÉRICAS

4ª. Edición


B.M. EDITORES®
S.A. DE C.V.





CAPÍTULO 16

Bienestar de la búfala durante el parto y ordeño, aspectos fisiológicos y conductuales

Daniel Mota Rojas¹, Fabio Napolitano², Ayman H. Abd El-Aziz³, Ada Braghieri², Agustín Orihuela⁴, Ana C. Strappini⁵, Adolfo Álvarez Macías¹, Danilda Hufana-Duran⁶, Marcelo Daniel Ghezzi⁷, Daniela Rodríguez¹, Adriana Domínguez¹, Nancy José¹, Joseline Jacome¹ y Alfredo M.F. Pereira⁸

¹ Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 04960. Ciudad de México. México.

² Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari ed Ambientali, Università degli Studi della Basilicata, 85100 Potenza, Italy.

³ Animal Husbandry and Animal Wealth Development Department, Faculty of Veterinary Medicine, Damanhour University, Damanhour, Egypt.

⁴ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, Mexico.

⁵ Departamento "Animal Health & Welfare" de la Universidad de Wageningen, Países Bajos.

⁶ Jefe de la Sección de Investigación en Reproducción y Fisiología del Departamento de Agricultura-Centro Carabao de Filipinas. Filipinas.

⁷ Área Bienestar Animal-Producción Bovinos, en la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

⁸ Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development (MED), Institute for Advanced Studies and Research, Universidade de Évora, Portugal.

INTRODUCCIÓN

El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) se ha catalogado como el animal del futuro gracias a su rusticidad, prolificidad y versatilidad productiva. Actualmente son utilizados como animales de doble propósito, produciendo de manera simultánea carne y leche, además de servir como animales de trabajo (Mota-Rojas, et al., 2020a,b,c,d; Napolitano et al., 2020a; Mota-Rojas, et al., 2021a,b,c; Napolitano et al., 2021; Bertoni et al., 2022a,b). Debido a ello, su uso se ha expandido rápidamente, pasando de 168 millones de ejemplares en 2005 a 206 millones de búfalos en 2018 en el mundo (FAO, 2018). Aunado a esto, los sistemas de producción intensivos se han instaurado en diversos países como México, Colombia, Ecuador e Italia, representando una industria rentable y de calidad (Bertoni et al., 2021; González-Lozano et al., 2020; Rodríguez-González et al., 2022).

Dentro de la producción bufalina, uno de los principales productos es la leche y sus derivados especialmente queso (Mota-Rojas et al., 2020a). En India son considerados

Diamantes Negros, ya que aportan más de la mitad en la producción total de leche en dicho país (Indurkar et al., 2019). Los búfalos son la segunda fuente de suministro de leche en el mundo, con una producción mundial que supera los 120.35 millones de toneladas y que contribuye al 14.4% del total de leche producida anualmente, de la cual el 60% proviene de India y el 30% de Pakistán (FAO, 2018).

Sin embargo, la productividad general de la búfala se puede afectar por trastornos reproductivos relacionados con el parto (Dhami et al., 2012), al ser un proceso inflamatorio por la liberación de citocinas y prostaglandinas (Mota-Rojas et al., 2019). Un parto normal o eutócico consiste en una serie de respuestas fisiológicas, hormonales, conductuales y morfológicas (Mota-Rojas, et al., 2020a,b,c,d; Napolitano et al., 2022) comprendidas en tres etapas principales: 1) parto y comienzo del parto; 2) expulsión de la cría; y 3) expulsión de las membranas fetales (Mohammad y Abdel-Rahman, 2013). En una labor de expulsión normal (eutócica) y/o difícil y prolongada (distócica) se presentan complicaciones con una duración excesiva que rebasa los rangos normales de expulsión y que suele requerir asistencia médica (Schuenemann et al., 2011) y puede ser originado por causas fetales o maternas (Napolitano et al., 2020a) (p. ej. pelvis estrecha, torsión uterina o descenso en la dilatación cervical) (Mota-Rojas et al., 2019; Napolitano et al., 2020c).

En búfalos, el porcentaje de distocias oscila entre el 1 y 2%, pero en algunas razas puede aumentar hasta el 5.6 y 12.6% (González-Lozano et al., 2020). Este último tipo de parto suele ser un evento sumamente estresante para la búfala, afectando tanto su producción como su bienestar, por lo cual es importante conocer el proceso normal del parto y reconocer los cambios que indican una distocia o patología conjunta. Además, resulta relevante reconocer el inicio del parto para asegurar el bienestar tanto de la cría como de la madre (Deka et al., 2021), con el fin de salvaguardar la producción y capacidad reproductiva (Mota-Rojas, et al., 2020a,b,c,d; Napolitano et al., 2020a,b,c; Mota-Rojas et al., 2021a,b,c; Napolitano et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2022).

De igual manera la productividad y salud de la madre pueden verse afectadas durante el ordeño, en la cual acciones como un mal manejo por parte de los cuidadores, sumado al nerviosismo del animal, trastorna la interacción humano-animal y puede provocar lesiones en extremidades y en ubres, menguando el bienestar de la búfala (Mota-Rojas et al., 2020a,c). Así mismo, procesos como la mastitis, una enfermedad común en el ganado lechero, responde a factores traumáticos, tóxicos o infecciosos (Mota-Rojas et al., 2019; Mota-Rojas, et al., 2020a,b,c,d; Napolitano et al., 2021).

La falta de atención a esta enfermedad propicia un deterioro en la salud de la hembra, pudiendo conducir a la baja de productividad y a transcurrir en un proceso sistémico y por tanto a desecharla del hato en el primer caso y a su muerte en el segundo (Fagiolo y Lai, 2007).

Por todo lo anterior, este capítulo se organizó con el objetivo de analizar los factores fisiológicos y conductuales dentro de la labor de parto, así como en la rutina del ordeño, con el fin de evaluar su impacto en el bienestar, producción y reproducción de los búfalos de agua.

El presente capítulo fue publicado previamente como artículo en la revista *Sociedades Rurales Producción y Medio Ambiente* 2022, vol. 43 (Jun), 85-123 y se publica con el permiso del Director Editorial de la revista SRPMA.

EL BIENESTAR DE LA BÚFALA EN LAS ETAPAS Y MODALIDADES DEL PARTO

El control y la asistencia al parto resultan cruciales en el bienestar de la madre y la cría (Napolitano et al., 2020a,b,c). Al ser un animal gregario, la búfala tiende a retirarse del grupo antes de presentarse el parto, bajo sitios seguros, alejada de otras hembras (Mota-Rojas et al., 2020b), de este modo en sistemas intensivos, resultaría idóneo el alojamiento en corrales individuales días previos (12.5 ± 2.5 días) a presentarse el parto (Lanzoni et al. 2021). En la labor de parto se conjuntan respuestas físicas, hormonales y conductuales (Titler et al., 2015) en tres fases continuas: 1) dilatación del cuello uterino o cérvix, y la ruptura de la bolsa placentaria; 2) la cría comienza a ser visible en la vulva y es expulsado; y 3) expulsión de las membranas fetales (Mohammad y Abdel-Rahman, 2013; Mota-Rojas et al., 2019). Previo a estas tres fases, es importante identificar las manifestaciones de la etapa preparto para brindar una oportuna asistencia durante el proceso. Éstas comprenden una serie de signos que constituyen un sistema de alerta para prever el momento del nacimiento y aplicar la asistencia oportuna (Streyll et al., 2012; Napolitano et al., 2018; Mota-Rojas et al., 2019; González-Lozano et al., 2020; Napolitano et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2022).

La comprensión de los comportamientos naturales específicos de la especie durante el parto permiten evaluar el bienestar en el proceso, dado que si el parto se prolonga o se complica se tratará de una distocia, sin la asistencia oportuna, puede comprometer el bienestar de la búfala, su fertilidad, producción de leche, además del crecimiento, rendimiento futuro de la cría e, incluso, su supervivencia (Mota-Rojas, et al., 2020a,b,c,d; Crociati et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2022). Esto se puede traducir en pérdidas económicas debido a fetos expulsados muertos por causas como la asfixia uterina y el síndrome de aspiración de meconio (Mota-Rojas, et al., 2020a,b,c,d; Mota-Rojas et al., 2021a,b,c). Estos mortinatos pueden registrar una prevalencia de entre 13.9 y 34% en unidades de producción bufalina (Martínez- Burnes et al., 2020; Nasr, 2017).

Entre los signos claves de preparto en la búfala se encuentran: el agrandamiento de la ubre (más notorio en primíparas), cuyo efecto es notorio durante los 2 a 3 días previos al parto con la visualización de las venas mamarias tensas; edema de la vulva (se muestra muy flácida) durante las 24 a 36 h antes del parto, y ocurrencia de diarreas acuosas que se resuelven después del parto (Das et al., 2013; Napolitano et al., 2020c). Además, la búfala comienza a mostrar inquietud que se intensifica en las últimas dos horas antes del nacimiento, dado el aumento de la incomodidad (Barrier et al., 2012), por lo cual es común que se incremente el número de veces en que la hembra se pone de pie y el tiempo para caminar (Huzzey et al., 2005).

De igual forma, previo al proceso del parto, las búfalas presentan con frecuencia un comportamiento de aislamiento, es decir, se alejan de su manada en busca de sitios

protegidos para el parto; con ello, también se favorece el vínculo entre la madre y la cría (De Rosa et al., 2009). La interferencia de este proceso genera conductas de rechazo materno que se correlacionan negativamente con el crecimiento y supervivencia de la cría (Lanzoni et al., 2021). Este vínculo también puede perturbarse por la falta de experiencia de las madres, en especial en hembras primíparas y en partos distócicos (Mota-Rojas, et al., 2021a,b,c; Orihuela et al., 2021; Napolitano et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2022).

En resumen, el parto es un evento crucial que puede comprometer el bienestar de la madre y de la cría (Napolitano et al., 2020c). Por tanto, un monitoreo adecuado implica la asistencia durante las tres fases del parto que se mencionan a continuación. Las modificaciones que experimenta la búfala antes del nacimiento, incluyendo aspectos fisiológicos y de comportamiento, serán claves para identificar tanto el comienzo de este, así como para prevenir complicaciones y evolucione a distocia, tomando medidas oportunas para disminuir la incidencia de mortinatos en búfalos. Para mayor detalles consultar a Martínez-Burnes et al. (2020) y Martínez-Burnes et al. (2021).

Dilatación del cuello uterino

Ésta etapa ha sido denominada primera fase del parto, involucra la dilatación del cuello uterino, el inicio de las contracciones miométricas y el posicionamiento del feto para su posterior expulsión, es decir, el momento de preparación para iniciar el parto (Mainau y Manteca, 2011; Martínez-Burnes et al., 2021). La duración de esta etapa en búfalas se reporta entre los 35.25 ± 1.08 a $128.3 \pm 14,10$ minutos (Das et al., 2013; Dodamani et al., 2010), siendo las primerizas las que suelen emplear mayor tiempo (Mohammad y Abdel-Rahman, 2013).

En rumiantes como la búfala, el inicio del parto ocurre tras la maduración fetal (Young et al., 2011). Con un rango que varía entre los búfalos de pantano (320-340 días) y el búfalo de río (305-315 días) (Purohit, 2016) dentro de este último grupo, la raza Murrah muestra 300-306 días en contraste a las Mediterráneo, con 311 a 315 días (Crudeli, 2011) y de los 310 a 315 días de gestación en raza Buffalypso (Rodríguez-González et al., 2022). El inicio del parto se detecta por la secreción de cortisol fetal, mismo que conduce a la síntesis de enzimas placentarias 17-hidroxilasa y 17-20 ligasa, las cuales son copartícipes de la conversión de progesterona en estrógenos; estos últimos tienen efecto sobre todo el sistema, lo que facilita la disponibilidad de la fosfolipasa A (enzima ligada a membrana) y, en consecuencia, inicia la hidrólisis de los fosfolípidos con la posterior liberación de ácido araquidónico, contribuyendo en la síntesis de prostaglandina F₂α (PGF₂α), responsable de dar paso al parto. La PGF₂α tiene tres efectos principales: en primera instancia, es la responsable de la liberación de Ca⁺⁺ intracelular, el cual se une a las fibras de actina y miosina para inaugurar el proceso contráctil. Asimismo, estimula la liberación de oxitocina del cuerpo lúteo y propicia la pérdida de colágeno acompañada de un aumento de glucosaminoglicanos, afectando la agregación de las fibras de colágeno además de iniciar la regresión del cuerpo lúteo (Young et al., 2011; Autumn y Stabenfeldt, 2020).

Durante cada contracción, la búfala puede expresar signos conductuales como: levantar la cola, arquear la espalda y flexionar los corvejones. O bien, mostrar abultamiento en la base de la cola como consecuencia del relajamiento de los ligamentos pélvicos. De igual modo, es posible apreciar movimientos de cola de izquierda a derecha, cambios de postura (decúbito esternal y pararse de forma repetitiva) y mirada constante hacia el flanco derecho, todos estos considerados como signos de dolor (Das et al., 2013; González-Lozano et al., 2020; Mota-Rojas et al., 2019).

Sin embargo, la presencia de estos síntomas también puede variar conforme al tipo de parto (eutócico o distócico) o el número de partos y experiencia materna. Con base en un estudio realizado por Mohammad y Abdel-Rahman (2013) en búfalas, se develó que el número de vocalizaciones es predominante en novillas ($P < 0.05$) independientemente del tipo de parto; sin embargo, ante procesos distócicos, las búfalas tendieron a presentar en mayor porcentaje comportamientos como; patadas con los miembros delanteros, mirar hacia los flancos o arquear la espalda, en contraste a las búfalas con eutocia ($P < 0.01$), resaltando de este modo, la importancia de la observación de este tipo de comportamientos ante la posibilidad de presentarse alguna dificultad durante esta primera etapa del parto (Napolitano et al., 2018). Por su parte, Deka et al. (2021) encontraron que el 100% de las búfalas de pantano manifestó disminución en el consumo de alimento y agua, presencia de secreción vaginal, nerviosismo, cambios concurrentes de postura (decúbito-ponerse de pie), levantamientos de cola, arqueamiento de espalda y esfuerzo abdominal con micciones frecuentes durante la primera etapa del parto, como cambios de comportamiento asociados a una etapa que precede a la expulsión fetal.

Expulsión del feto

La segunda etapa del parto, también llamada fase de expulsión, se caracteriza por la presencia de contracciones abdominales y la ruptura del saco alantocorioideo que desembocan en la expulsión del feto (Mainau y Manteca, 2011; Das et al., 2013; González-Lozano et al., 2020; Martínez-Burnes et al., 2021; Rodríguez-González et al., 2022). La duración de esta etapa en búfalas oscila entre los 30 y 60 minutos (Jainudeen y Hafez, 2000); sin embargo, la duración mínima y máxima se ha calculado en 8.9 ± 0.80 y 43.6 ± 5.25 minutos, respectivamente (Das et al., 2013). Durante esta etapa la dilatación máxima del cuello uterino se alcanza mediante contracciones uterinas, donde la oxitocina resulta protagónica (Purohit, 2010; Mainau y Manteca, 2011). En primera instancia, los estrógenos contribuyen en la formación de receptores de oxitocina en el miometrio, la cual tiende a liberarse en grandes cantidades a causa de la entrada del feto al canal de parto, de modo que, al hacer contacto los miembros anteriores del feto con la pelvis, provocan estímulos reflejos y su consecuente liberación de oxitocina (reflejo de Ferguson) (Purohit, 2010; Autumn y Stabenfeldt, 2020).

La unión de la oxitocina con sus receptores provoca la contracción del músculo liso y la motilidad uterina, lo que promueve aún más la dilatación del cuello uterino (Purohit, 2010; Chouksey et al., 2022). Asimismo, la relaxina induce la dilatación cervical al relajar el

ligamento interpubiano y los músculos asociados que rodean el canal pélvico, provocando que el feto pueda expandirlo a su máxima capacidad de dilatación (Autumn y Stabenfeldt, 2020; Chouksey et al., 2022; Napolitano et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2022). Una vez que el feto es expuesto al ambiente extrauterino, la madre continúa con la tercera fase del proceso de parto mientras que el neonato comienza un proceso de termorregulación con el fin de disminuir la cantidad de calor que se disipa por el pelaje húmedo de líquido amniótico y por su baja capacidad de termogénesis, lo cual influye en las temperaturas superficiales que se pueden evaluar mediante la termografía infrarroja (Mota-Rojas et al., 2022) y se describen en la Figura 1.

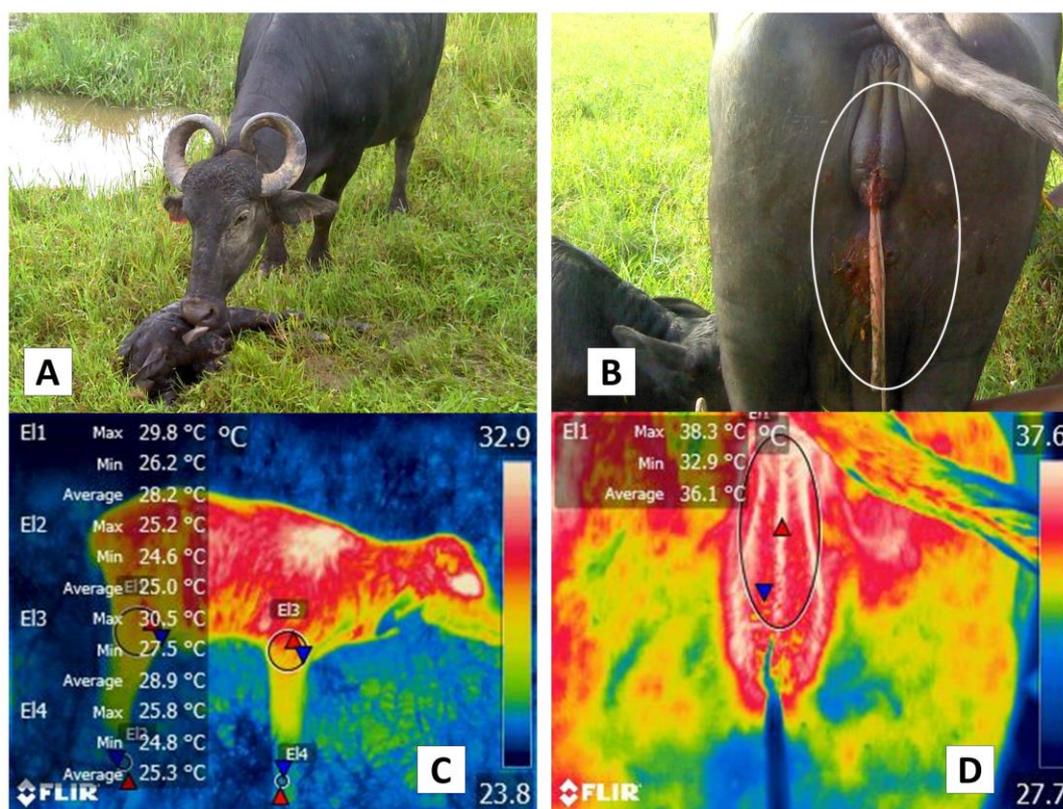


Figura 1. El parto de la búfala de agua, su termoestabilidad y el vínculo madre-cría. A. Búfala de agua estableciendo el vínculo con su becerro recién nacido. La formación del lazo madre-cría se lleva a cabo mediante estímulos visuales, olfatorios, táctiles y auditivos. **B.** Búfala de agua recién parida; se observa la vulva turgente y edematosa con restos de membranas placentarias sanguinolentas. **C.** Imagen radiométrica de un becerro de búfalo de agua recién nacido. En esta imagen se destaca el proceso de hipotermia presente en miembro pelviano (EI1 y EI2) con temperaturas promedio de 26.6°C, temperaturas similares a la registrada en miembro torácico (EI3 y EI4), con un promedio de 27.1°C. Este efecto se atribuye a la vasoconstricción periférica presente en las extremidades, con el fin de redirigir el flujo sanguíneo a órganos centrales y prevenir una disminución significativa de la temperatura corporal. **D.** Termograma de la región vulvar después de la expulsión del feto. La región vulvar (EI1) muestra una temperatura máxima, mínima y promedio de 38.3, 32.9 y 36.1°C, respectivamente. La temperatura máxima indica un aumento de temperatura en

dicha área a causa de las continuas contracciones a favor de la expulsión de las membranas fetales. Para mayor información consulte a Mota-Rojas et al. (2022).

Expulsión de las membranas fetales

Consumado el nacimiento de la cría, comienza la tercera y última etapa del parto, que consiste en la expulsión de la placenta para entablar la involución uterina (Mota-Rojas et al., 2019; Mota-Rojas, et al., 2020a,b,c,d). Se ha estimado que la expulsión placentaria suele ser en las primeras 0.5 a 8 horas post parto, tanto en búfalas como en vacas (González-Lozano et al., 2020), pero si este proceso no ocurre dentro de las primeras 12 horas o se extiende más allá de 24 h después del parto, la búfala estaría reteniendo las membranas fetales (RFM), la cual tienen una incidencia del 22.8% en búfalas en comparación con el 19.44% en vacas lecheras (Fourichon et al., 2000; González-Lozano et al., 2020; Eppe et al., 2021).

La información sobre el mecanismo retención de la placenta en búfalas así como sus posibles consecuencias es limitada; sin embargo, se puede asumir que es similar a otros bovinos (González-Lozano et al., 2020), además de presentar características morfológicas similares en su placenta (Morini et al., 2008; Schmidt et al., 2006). Los bovinos presentan placentas cotiledonarias, en donde los cotiledones fetales se unen a las carúnculas maternas gracias a sus vellosidades, formando estructuras especializadas llamados placentomas (Patel y Parmar, 2016) que permiten el anclaje de la placenta así como el intercambio de sustancias entre la madre y el feto (Schmidt et al., 2006).

La retención primaria de las membranas fetales se explica porque el desprendimiento de las carúnculas maternas no se lleva a cabo, en comparación con la retención secundaria, la cual se asocia con la dificultad mecánica para expulsar las membranas fetales que ya han sido desprendidas, debido a distocias o atonía uterina por algún traumatismo (Patel y Parmar, 2016). El desprendimiento de los componentes placentarios depende de respuestas fisiológicas y endocrinas (Attupuram et al., 2016) que comprenden la pérdida de adherencia entre los epitelios maternos y fetales (Kamemori et al., 2011), debido a una disminución en la concentración de colágeno en la carúncula por la acción de la relaxina secretada en respuesta de la lisis del cuerpo lúteo (Patel y Parmar, 2016) que, en conjunto con las contracciones miométricas provocan alteraciones en las vellosidades de los cotiledones facilitando la expulsión placentaria (González-Lozano et al., 2020) (Figura 2). Lo anterior es el resultado de una serie de procesos que inician con la suspensión de la circulación feto-placentaria provocando que las vellosidades del placentoma disminuyan (Patel y Parmar, 2016), lo cual, a su vez, induce una reducción del tamaño y cantidad de las células epiteliales maternas, produciendo una “maduración placentaria” que aumenta la apoptosis en los trofoblastos del endotelio materno, lo que culmina en la lisis de la matriz

extracelular que mantiene asociados los epitelios maternos y fetales (Benedictus et al., 2015; González-Lozano et al., 2020; Napolitano et al., 2020c).

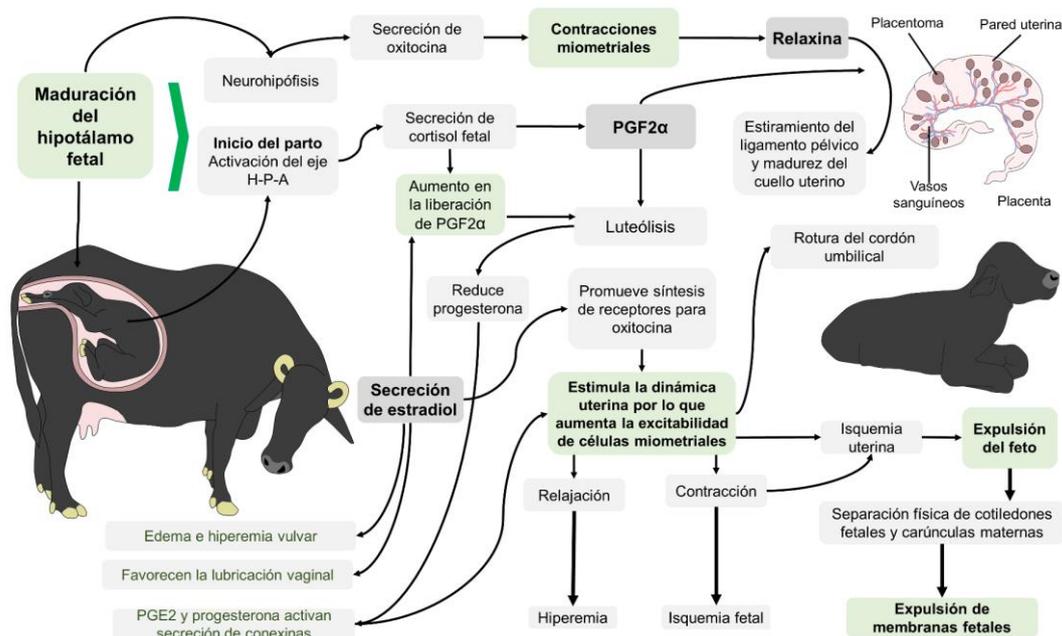


Figura 2. Mecanismos fisiológicos y endocrinos involucrados en la tercera etapa del parto.

La imagen ilustra los cambios fisiológicos y morfológicos que inducen el parto, además de su rol en la separación y expulsión de las membranas fetales. H-P-A: Eje Hipotálamo-Hipófisis-Adrenal; Prostaglandina (PG); Prostaglandina F2 α (PGF2 α) necesaria para la luteólisis, la pérdida de colágeno y la liberación de Ca⁺ celular facilitando las contracciones del miometrio y la regresión del cuerpo lúteo; Prostaglandina E2 (PGE2).

Se ha previsto que algunos eventos como el aborto, partos forzados o prematuros, gestación tardía, atonía uterina, así como deficiencias nutricionales (Patel y Parmar, 2016) y la respuesta inmune materno-fetal pueden estar implicados en la retención de membranas fetales (RFM). Esta última puede deberse a que los fetos expresan anticuerpos paternos, los cuales son semi alogénicos para el sistema inmune de la madre, el cual regula su respuesta para evitar un rechazo inmunológico fetal. Sin embargo, durante el parto puede ser de vital importancia, ya que ayuda en la pérdida de la adherencia materno-fetal en la placenta, por lo que una inmunosupresión puede propiciar el desarrollo de la RFM (Benedictus et al., 2015; Patel y Parmar, 2016).

De igual forma RFM en las búfalas es una de las principales complicaciones postparto que predispone al desarrollo de endometritis severa, piometra, ovaritis, parametritis, cistitis, peritonitis, prolapsos vaginales, disminución en la producción láctea y fertilidad, así como un aumento del período entre partos, lo cual preocupa a los productores, ya que se requiere atención médica, tratamientos costosos (Gohar et al., 2018; Indurkar et al., 2019), y una reducción del rendimiento reproductivo, ya que la tasa de concepción después de

presentar RFM es entre 4 y 10% inferior a una búfala sin antecedentes de RFM (Gohar et al., 2018). Por tanto, las afectaciones a la salud del hato, la producción láctica y la eficiencia reproductiva repercuten en una disminución de los ingresos del productor y están íntimamente ligadas a distocias (Dhami et al., 2012; Kalasariya et al., 2017; Kamemori et al., 2011).

DISTOCIA

Una distocia es aquella que se complica y alarga, y generalmente requiere intervención quirúrgica, aunque en búfalos de agua no siempre se puede llevar a cabo debido a la falta de un médico veterinario en el rancho (González-Lozano et al., 2020; Mota-Rojas et al., 2020a,b,c,d). Aproximadamente el 23% de los casos de distocia por torsión uterina requiere cirugía y otro 84% tiende corregirse con asistencia médica de forma manual vía vaginal (Zaborski et al., 2009). Aún no se asume alguna clasificación en común para determinar la dificultad del parto; sin embargo, existen algunos parámetros que ayudan a determinarlo por medio de puntuaciones o de características específicas que se observan durante un caso distócico (Zaborski et al., 2009) (Figura 3).

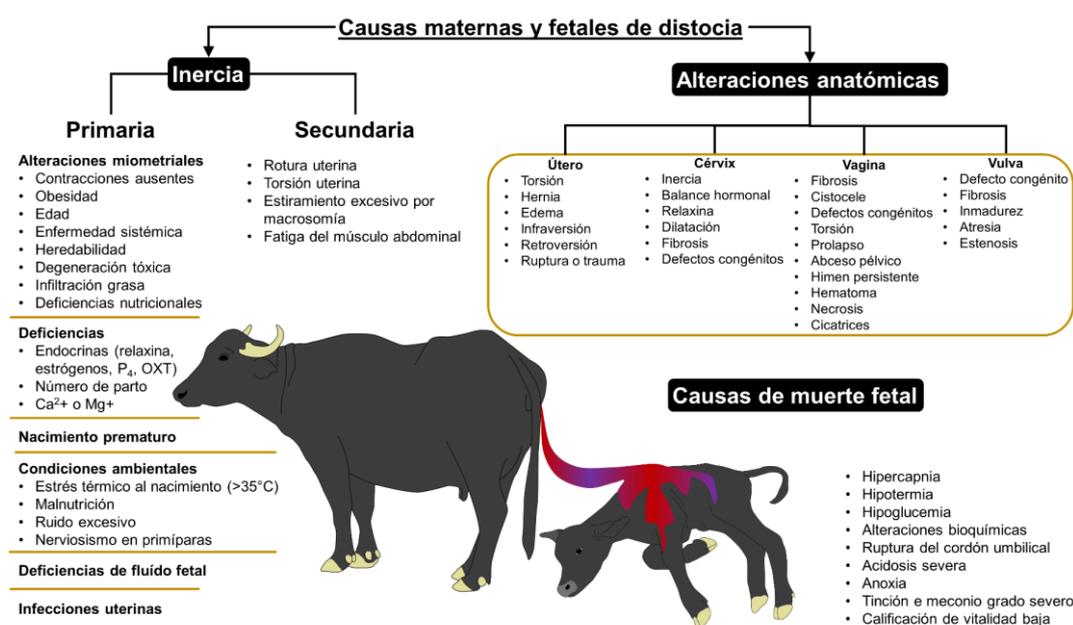


Figura 3. Causas maternas y fetales de distocia.

Dematawewa y Berger (1998) estudiaron el efecto de la distocia en los rendimientos de leche y el contenido de grasa y proteína, número de servicios y las pérdidas en vacas Holstein para estimar la pérdida económica asociada con la distocia y resultó un sistema de puntuación de distocia. Este último se fundamentó en el grado de dificultad, con un puntaje máximo de 5, en donde: 1) no existe ningún problema 2) requiere asistencia leve, 3) asistencia necesaria, 4) se necesita una fuerza considerable y 5) dificultad extrema. Por otro

lado, Hansen et al. (2004) llevaron a cabo inferencias sobre las heredabilidades maternas y directas de la duración de la gestación, la mortinatalidad, dificultad de parto y tamaño de la cría en el primer parto, examinando la asociación genética en vacas Holstein, donde sugirió una calificación de cuatro puntos para la dificultad del parto: 1) fácil, 2) Fácil con asistencia, 3) Difícil, pero sin asistencia veterinaria y 4) Difícil con asistencia veterinaria.

Los procesos de distocia representan costosas pérdidas económicas en hatos de búfalas, por la mortalidad de neonatos, reducción de producción de leche, sacrificios, enfermedades y gastos veterinarios, entre otros (Zaborski et al., 2009). En búfalas y neonatos es esencial observar su comportamiento durante el parto para diagnosticar si están atravesando por un proceso de distocia. Por ejemplo, las hembras pueden permanecer inmóviles, golpear el suelo con alguna extremidad, observar su abdomen o encorvar su espalda, comportamientos que no se han detectado en alumbramientos eutócicos (Derar y Abdel-Rahman, 2012), y cuya expresión depende de los factores maternos o fetales que pueden desencadenar una distocia.

Causas maternas

En los búfalos se observa una mayor cantidad de distocias por estas causas. Los problemas reproductivos en búfalas al momento del parto se relacionan principalmente con la torsión uterina o su desplazamiento ventral, anomalías pélvicas, estenosis, neoplasias vaginales/vulvares, cistocele vaginal, inadecuada dilatación del cérvix, edad, genética, hormonal y un mal manejo principalmente. Las causas de distocia surgen generalmente por una constricción/obstrucción o una disminución de la fuerza durante las diferentes etapas del parto (Mee, 2013), como se describe a continuación.

Entre las anomalías, las proporciones pélvicas pequeñas en relación con el tamaño del neonato representan una de las causas de distocia en búfalas, junto a las deformidades pélvicas, exostosis, hipoplasia en vulva o vagina, luxaciones o desplazamiento del sacro (Uematsu et al., 2013). Por otro lado, las neoplasias en cuello uterino y vagina de búfalas suelen identificarse después del parto cuando sucede el prolapso, e incluyen carcinomas, adenomas, lipomas, fibromas o pólipos (Kumar y Singh, 1984). El cistocele vaginal es la protrusión de la vejiga urinaria sobre la vagina, debido a la distensión del piso pélvico que provoca distocia materna. De esta manera la vejiga obstruye el canal del parto y deriva en una distocia (Jeengar et al., 2015).

La dilatación del cuello uterino es esencial para la cavidad del feto a través del canal de parto. Para ello, las hormonas juegan un papel fundamental para el ablandamiento de las fibras y la fuerza uterina contráctil, las cuales favorecen una dilatación eficaz del cuello uterino. A pesar de que este factor no es comúnmente reportado en búfalas, cuando la dilatación del canal de parto es incompleta se puede generar una distocia (Das et al., 2013). La torsión del útero puede ocurrir en un cuerno uterino gestante y es sobre su propio eje longitudinal, provocando la constricción de la vasculatura. La torsión uterina es la principal causa de distocia en búfalas debido a las características de su útero, que facilita la entrada

de bacterias y puede inducir la muerte fetal, catalogada como una emergencia médica (Figura 4) (Khan et al., 2009).

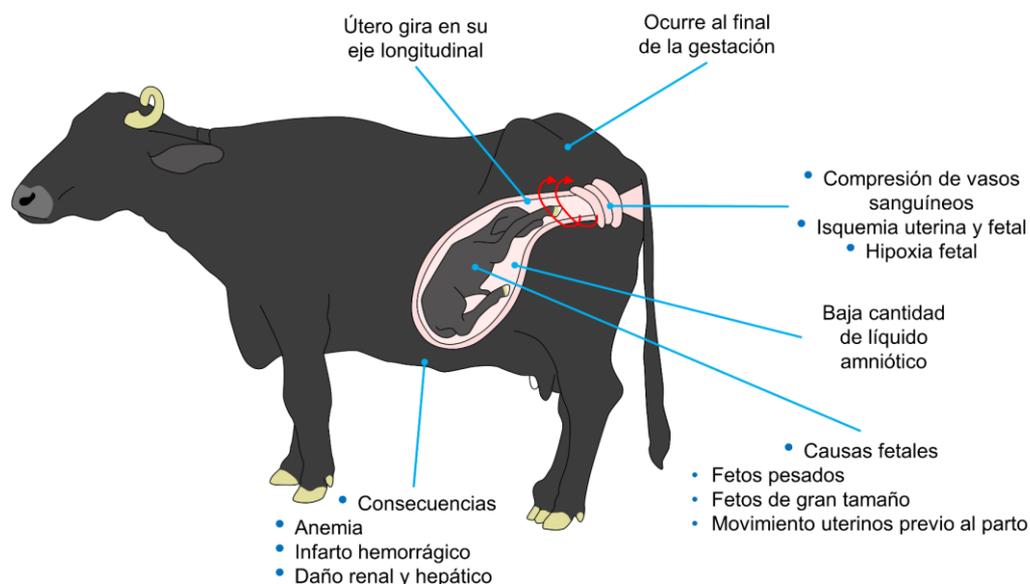


Figura 4. Torsión uterina en búfalos de agua: causas y consecuencias. Una de las principales causas maternas de distocia es la torsión uterina, que se suele presentar en las etapas finales de la gestación, como resultado de un giro del útero sobre su eje longitudinal. Esta rotación compromete la circulación sanguínea hacia el útero y la cría, complicando tanto a la madre como al feto/neonato.

En el desplazamiento ventral del útero, la disminución de fuerzas expulsoras uterinas es otra de las causas de distocia, ya que se obstruye la expulsión del feto, quedando atrapado en el canal de parto, por las insuficientes contracciones para evacuarlo (Noakes et al., 2009).

Causas fetales

Las complicaciones durante el parto pueden generar crías con menor vigor y, como consecuencia de un parto prolongado, los cuidados maternos pueden reducirse debido al dolor y el agotamiento (Barrier et al., 2013).

Las búfalas muestran una baja predisposición a los partos distócicos debido a sus características anatómicas como la estructura genital y pélvica que favorecen la dilatación (Rodríguez-González et al., 2022). No obstante, existen condiciones propias del feto que pueden complicar el parto, una de ellas asociada al elevado peso al nacimiento, respecto al tamaño de la madre (Lombard et al., 2007). Sobre esta relación se ha demostrado que las búfalas que paren terneros machos tienden a presentar una mayor incidencia de este tipo de trastornos durante el parto (Rabbani et al., 2010).

Dado que las búfalas tienen un periodo de gestación más largo que las vacas, aproximadamente de 10 y 9 meses, respectivamente, se pronostica un mayor peso del bucerro al nacimiento (Fraga et al., 2004). Aunado a ello, el sexo, periodo de gestación, y enfermedades congénitas alteran el tamaño del feto y, aunque no son comunes, existen estudios de casos en búfalos con hidrocefalia que han requerido una dilatación intencional y tracción por el excesivo tamaño del feto que obstaculiza el canal de parto (Ahuja et al., 2017).

Como se ha mencionado, la mala posición del feto durante la labor de parto es un factor que detona las distocias (Figura 5). En este sentido, estudios en terneros, realizados por Holland et al. (1993), revelaron que en el 96% de los nacimientos las presentaciones fueron normales y el 4% con anomalías. Estos estudios también establecieron que la gran mayoría de las malas presentaciones fueron en posición dorsal posterior (72.8%), seguidas de una posición de flexión unilateral del carpo o del hombro (11.4%), presentación caudal (8.2%), flexión lateral de la cabeza (2.5%), flexión de corvejones (1.9%), ventral posterior y transversa (1.3%), y ventro-vertical oblicua (0.6%). Esta clase de complicaciones comprometen el bienestar de la cría como de la madre y suelen demandar una intervención mediante la tracción o, en casos extremos, la intervención quirúrgica (Abdullah et al., 2014).

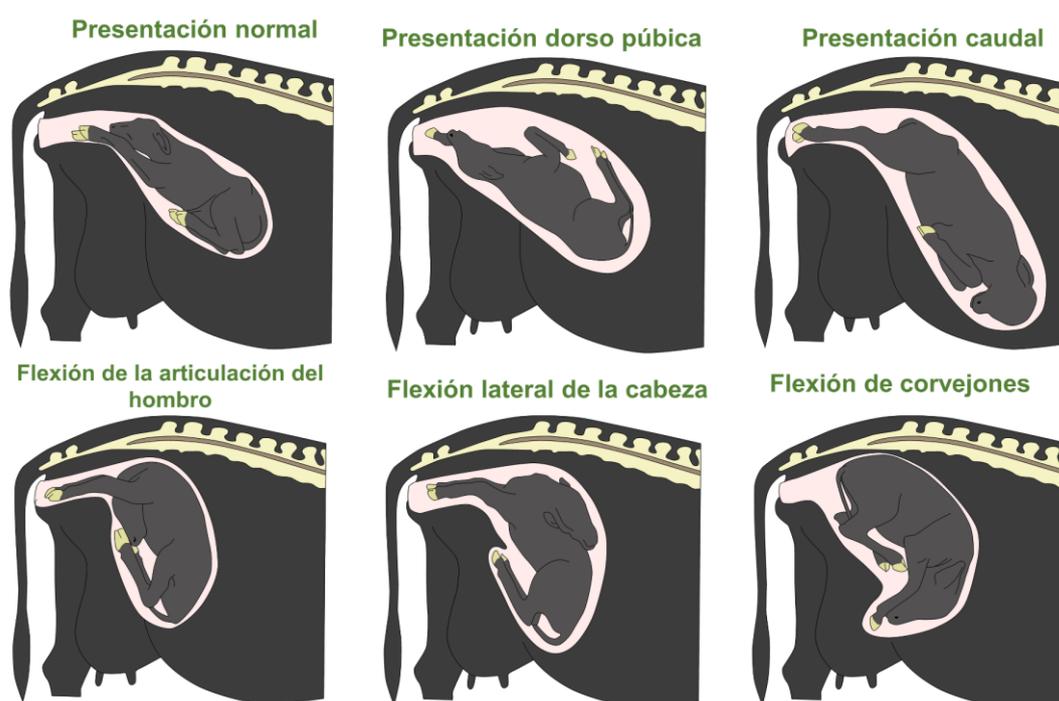


Figura 5. Posiciones anormales del feto que causan distocia en las búfalas. La ilustración representa las posiciones inadecuadas del feto que se pueden detectar durante el parto de búfalas y que complican la expulsión de la cría. Se contrasta con una presentación normal. Para mayores detalles consulte la tercera edición del libro de Bienestar del búfalo de agua en las Américas de Napolitano et al. (2020).

La distocia en búfalas motiva el uso de prácticas que promuevan la correcta asistencia, monitoreo e intervención del parto que serán fundamentales para mantener el bienestar de la búfala y la cría, con el propósito de disminuir el número de mortinatos, mejorar la eficiencia animal.

ORDEÑO, COMPORTAMIENTO Y BIENESTAR DE LA BÚFALA

Un elemento fundamental en la vida productiva de la búfala lechera es la eficiencia en la ordeña, inherente al proceso de lactación, el cual oscila de 240 a 270 días (Bertoni et al., 2020a; Napolitano et al., 2020b; Vázquez-Luna et al., 2020; Rodríguez-González et al., 2022). Los niveles de productividad por lactancia también se relacionan con factores genéticos, número de lactancia, salud de la ubre y el grado de bienestar predominante durante el día y durante la ordeña (Gabr et al., 2017; Patbandha et al., 2015; Rahman et al., 2019).

La ordeña influye en el rendimiento lechero y se han observado prácticas inadecuadas del personal como gritos, golpes y forcejeo (Bertoni, et al., 2020b; González-Lozano et al., 2020; Mota-Rojas, et al., 2020a,b,c,d) u otros factores como el deficiente mantenimiento de las ordeñadoras o un vacío incorrecto de las mismas (De Rosa et al., 2009; Rosa et al., 2007), elementos que merman el desempeño productivo y predisponen hacia comportamientos negativos o nerviosismo que puede derivar en lesiones en extremidades y ubre por intentar patear al manejador o escapar (Mota-Rojas et al., 2020a,b,c,d). Por ello, es importante planear el proceso de ordeño con el objetivo de incrementar las acciones, prácticas o procedimientos que propicien un ambiente positivo para las hembras y, por ende, la bajada de leche.

En el ordeño, las búfalas presentan una alta sensibilidad a estímulos externos que generan la síntesis y secreción de adrenalina al torrente sanguíneo, provocando vasoconstricción en glándula mamaria (GM) a nivel de capilares y vasos sanguíneos, limitando el aporte de oxitocina, neuropéptido necesario en la eyección activa de la leche (Di Palo et al., 2007; Espinosa et al., 2011; Napolitano et al., 2020b), además de inhibir la contracción de las células mioepiteliales presentes en los alvéolos. Entre estos estímulos destaca el ruido excesivo de las máquinas de ordeño, generando incomodidad y retención de la leche (Polikarpus et al., 2014), siendo relevante la habituación previa al ingreso a la sala de ordeño y el establecimiento de rutinas para evitar neofobia en las búfalas, además de proveer un manejo amable para generar efectos positivos productivos y fisiológicos (Ellingsen et al., 2014).

Ante la presencia de cambios en la rutina de ordeño, también ocasionan estados de alerta e incomodidad que afectan la producción durante la lactancia (Thomas et al., 2004). Se ha informado que de acuerdo a la fisiología y anatomía de la búfala, la extracción de la mayor cantidad de leche (alveolar) se presenta después de la liberación de oxitocina en torrente sanguíneo, siendo de suma importancia una estimulación previa para lograr una eyección activa (Faraz et al., 2021).

Los estímulos antes mencionados dependen del tipo de ordeña. En el manual es común observar la presencia del bucerro a un costado de la hembra, el cual incentiva la secreción y liberación de oxitocina en la madre (Espinosa et al., 2011). Por el contrario, en el procedimiento mecánico se dificulta el apoyo de la cría y se realiza el lavado manual y movimientos moderados por parte del manejador sobre la ubre para reforzar la bajada de la leche (Bidarimath y Aggarwal, 2007). Esta actividad también es común observarla en el ordeño manual.

Otras actividades que favorecen el bienestar en la búfala son el orden durante la ordeña, en el cual los animales presentan una disposición constante a la sala (Flower et al., 2006; Melin et al., 2006). Esta actividad puede estar influenciada por factores jerárquicos, de salud o productivos (Polikarpus, 2013; Polikarpus et al., 2014). En las búfalas se ha observado que tienen preferencias respecto al sitio de ordeño en la sala (Polikarpus, 2013; Napolitano et al., 2020b), debido a que se habitúan a espacios específicos y cuando éstos son modificados o no se respetan patrones de procedimiento pueden generar estrés (Mota-Rojas et al., 2020b).

En sistemas de producción intensivos, con ordeños mecánicos, el estrés por separación madre-cría, la entrada a un ambiente nuevo y la interacción con humanos, especialmente cuando desconocen estas rutinas antes del primer parto y lactancia, son factores que alteran a los animales durante este proceso (De Rosa et al., 2009).

Se ha reportado que en unidades de producción lechera especializadas se utiliza más del 50% del tiempo de trabajo en el proceso de ordeño, buscando la optimización de ocupaciones, aumentando la capacidad de ordeño para reducir costos mediante la selección de animales con las mejores cualidades para el mantenimiento del hato (Boselli et al., 2020, 2016). En este sentido, Prasad y Laxmi (2004) recomendaron la selección de búfalas con temperamento dócil para facilitar el manejo y reducir los niveles de ansiedad, ya que los animales agresivos suelen retener leche, disminuyendo la capacidad de ordeño y aumentando el tiempo dedicado a esta actividad.

Para establecer rutinas y un ordeño ordenado que no genere ansiedad o estrés en las búfalas, también se ha sugerido el uso de oxitocina exógena. Aunque se tienen controversias a lo largo de los años con esta práctica, resulta común bajo el argumento de que de otra forma no habría una bajada de leche activa y correcta (Olmos-Hernández et al., 2020; Bertoni et al., 2022a,b; Rodríguez-González et al., 2022). En contraste, algunos estudios han reportado efectos negativos a corto y largo plazo, señalando al desempeño reproductivo como una de las áreas más afectadas. En este sentido, se ha encontrado que el uso a largo plazo de oxitocina exógena reduce la eyección espontánea de leche en cuanto se deja de administrar (Faraz et al., 2020).

Faraz et al. (2021) compararon la productividad y contenido nutricional de leche de búfalas, con y sin tratamiento de oxitocina intramuscular previa ordeña, encontrando que el grupo con dicha administración presentó tasas de producción de leche significativamente más altas ($P < 0.05$), demostrando que la oxitocina exógena impulsa la bajada de leche residual y contribuye a prevenir enfermedades en glándula mamaria. Del mismo modo, Lollivier et al. (2002) detectaron una asociación positiva, con un aumento del 8% de producción láctea.

Pese a estos resultados, se han observado consecuencias negativas respecto a esta aplicación frecuente a largo plazo, como la reducción de la secreción de oxitocina endógena y su respuesta en glándula mamaria, disminuyendo la eyección láctea cuando ésta es retirada, debido a la pérdida de sensibilidad de la glándula mamaria ante la unión de receptores, además de una reducción en la contractibilidad de las células mioepiteliales bajo niveles normales de oxitocina. Por ello, diversos autores la catalogan como una práctica perjudicial en el largo plazo (Lollivier et al., 2002; Bertoni et al., 2020a; Faraz et al., 2020, 2021; Napolitano et al., 2020b; Ozenc et al., 2020; Ahmad, 2021; Murtaza et al., 2021).

Anatomía y fisiología de la glándula mamaria

Es imperante el conocimiento de la anatomía y fisiología de la GM para implementar prácticas que aseguren el bienestar durante el ordeño de la búfala. En este sentido, la GM es descrita de acuerdo a la especie animal con base en criterios como tamaño, forma y localización, reconociendo que se trata de una estructura anatómica especializada responsable de sintetizar y secretar leche (Jena et al., 2015), atravesando por diversos cambios durante la vida de la hembra, desde su nacimiento como una estructura ductal rudimentaria hasta su desarrollo posterior durante la gestación, lactancia e involución (Borghese et al., 2007).

La ubre de la búfala de agua se encuentra topográficamente en la zona inguinal y presenta dos surcos (*Sulcus intermammarius*), uno longitudinal y otro transversal, adherida al abdomen y sostenida por un ligamento suspensorio (*Ligamentum suspensorium uberis*) en su posición fisiológica (Tătaru et al., 2022). Este órgano se encuentra constituido por cuatro complejos mamaros comúnmente llamados cuartos, formado cada uno por un cuerpo glandular y un pezón, dos craneales y dos caudales, siendo estas últimas las más desarrolladas, responsables de producir más del 50% de la leche secretada (Olmos-Hernández et al., 2020), además de ser 1.5 cm más grandes que los craneales; la GM tiene una apariencia cónica que finaliza ventralmente con una tetilla (Tătaru et al., 2022).

Las estructuras previamente descritas responden a estímulos físicos y hormonales para su correcta funcionalidad y productividad durante el ordeño (Borghese et al., 2007). Se compone de diversas células epiteliales, adipocitos, fibroblastos y células inmunitarias para la producción láctea (Macias y Hinck, 2012), además de vasos sanguíneos, linfáticos y plexos nerviosos (Tătaru et al., 2022), mismos que pueden experimentar cambios conforme a la edad de la hembra, el número de lactancias y factores genéticos (Rodríguez-González et al., 2022). En este sentido Tătaru et al. (2022) realizaron cortes histológicos que develaron la presencia de tejido conectivo interalveolar más denso y rico en fibras de colágeno y capilares sanguíneos en la estructura del parénquima mamario durante la lactancia, debido a la mayor necesidad de suministro sanguíneo durante la síntesis láctea.

La formación de leche, conocido como lactogénesis, es un proceso realizado en GM, considerándose así una glándula exocrina y sebácea que sintetiza, almacena y secreta leche

en los alvéolos durante la lactancia. Ante estímulos hormonales o físicos como el amamantamiento de la cría o por el ordeño a través del pezón que presenta pliegues longitudinales que forman la roseta de Fürstenberg, la leche es movilizada al sistema ductal para su eyección (Weaver y Hernandez, 2016; Cardiff et al., 2018).

De la proporción láctea encontrada en las diferentes estructuras de la GM, el 5% se almacena en la porción cisternal de la ubre, mientras que el 95% restante se anida en el compartimiento alveolar (Thomas et al., 2004; Borghese et al., 2007; Espinosa et al., 2011; Mora-Medina et al., 2018; Olmos-Hernández et al., 2020; Tătaru et al., 2022) Por tanto, es necesaria la eyección activa para extraer la leche presente en la fracción alveolar y, así, evitar pérdidas por una inadecuada rutina de ordeño y una mayor susceptibilidad a infecciones en GM (Olmos-Hernández et al., 2020).

Se ha observado, además, que las búfalas cuentan con pezones de mayor longitud que las vacas lecheras, con un esfínter más estrecho, una capa muscular más gruesa, mayor relación de vasos sanguíneos y fibras nerviosas que brindan una mayor protección ante la entrada de microorganismos infecciosos, a lo que se suma la oclusión presente en el pezón, generada por un mayor nivel de queratina, aspecto que minimiza las incidencias de enfermedades de importancia económica (Bertoni et al., 2020c) que pudieran dar paso a la mastitis en esta especie (Borghese et al., 2007; 2013).

La GM responde a cambios hormonales asociados a la luteinización y ovulación con el aumento de la actividad mitótica, con la intervención de hormonas en la regulación de mamogénesis, lactogénesis y galactopoyesis (Cardiff et al., 2018). Sobresale la hormona del crecimiento secretada por la glándula pituitaria, que es un regulador importante en el desarrollo de la GM. Por otra parte, los estrógenos, reguladores críticos de la mama puberal durante la morfogénesis ductal, contribuyen a la liberación de prolactina, siendo esta última la hormona luteotrópica sintetizada y liberada en adenohipófisis, la cual promueve la diferenciación de estructuras especializadas como los alveolos que sintetizan y secretan leche durante la lactancia. A su vez, la progesterona se asocia al desarrollo de la ramificación lateral y alveologénesis, procesos requeridos para la formación de una GM funcional durante la lactancia (Macias y Hinck, 2012; Weaver y Hernandez, 2016; Cardiff et al., 2018).

El tejido alveolar alberga a los lactocitos y es el encargado de secretar la leche. Estas estructuras están encapsuladas por tejido conectivo que forma los lobulillos mamarios (*Lobuli glandulae mammariae*), que a su vez conforman a los lóbulos mamarios (*Lobi glandular mammariae*) (Macias y Hinck, 2012), a través de los cuales se vierte la leche por ductos intralobulillares o galactóforos hacia conductos lactíferos para ser eyectada al exterior mediante diversos estímulos (Espinosa et al., 2011). Esta configuración está rodeada de células mioepiteliales y un sistema capilar (Napolitano et al., 2022) que desemboca en una red profunda, alrededor de los ácinos y los conductos excretores que convergen en la base de la ubre (Tătaru et al., 2022).

La eyección de la leche es producida por la acción del neuropéptido oxitocina ante estímulos táctiles del ordeñador, la máquina de ordeño y la presencia y acción del bucerro, reflejo con el cual se libera oxitocina, lo que precede a la expulsión de leche (Olmos-Hernández et al., 2020).

En este sentido, este importante neuropéptido es el responsable de generar la contracción de las células mioepiteliales para la expulsión de la leche alveolar hacia el área cisternal. Por tanto, es necesaria la liberación de oxitocina durante el proceso de ordeño para la correcta y completa eliminación de leche (Espinosa et al., 2011; Napolitano et al., 2020a; Olmos-Hernández et al., 2020), requisito previo para el mantenimiento de un alto nivel de síntesis de leche y secreción durante la lactancia. Además, es relevante para que la leche no permanezca en la ubre, ya que eleva el riesgo de generar una infección mamaria al retener leche residual como sustrato para el crecimiento de microorganismos en glándula.

Por lo mismo, es necesario el desencadenamiento de la eyección mediante un reflejo neuroendocrino propiciado por estímulos en fibras nerviosas aferentes a las raíces dorsales de la médula espinal que inician respuestas hormonales con la participación activa de cortisol y prolactina (Bruckmaier y Wellnitz, 2008).

Esta hormona neurohipofisaria nonapeptídica es sintetizada en las células neurosecretoras magnocelulares de las regiones supraópticas y núcleos hipotalámicos paraventriculares para ser almacenada en el lóbulo pituitario posterior hasta su liberación al torrente sanguíneo como resultado de un reflejo neuroendocrino (Cosenza et al., 2007).

En vacas lecheras se ha reportado que el estímulo de colocar las pezoneras para el ordeño genera el aumento de las concentraciones plasmáticas de oxitocina, llegando a su máximo en los siguientes dos minutos para disminuir lentamente hasta su nivel basal, generalmente 15 minutos después (Lollivier et al., 2002).

Al ser liberada la oxitocina a torrente sanguíneo, llega a los receptores de membrana específicos en las células mioepiteliales en glándula mamaria, mismas que se encuentran rodeando alvéolos y los conductos presentes en ellos, generando la contracción de estas células y minimizando la luz alveolar. Así se induce la expulsión de la leche a los conductos galactóforos hacia el área cisternal y los conductos presentes en el pezón para su posterior eyección por el canal excretor (Figura 6) (Bruckmaier y Wellnitz, 2008).

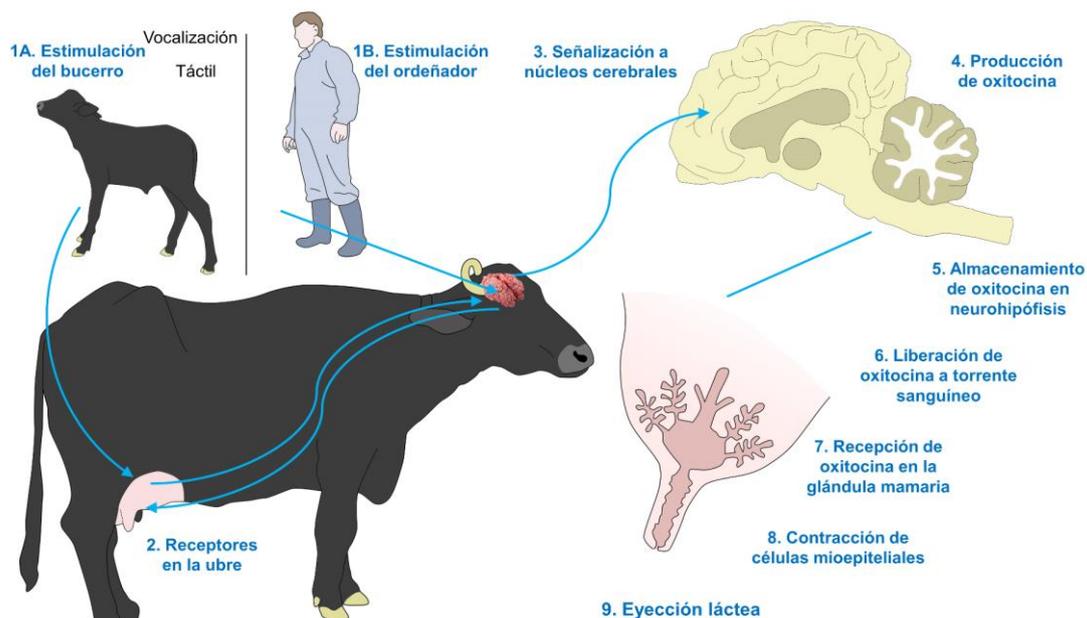


Figura 6. Neurofisiología de la eyección láctea.

Cuando la leche es expulsada del área alveolar se genera mayor presión en la cisterna de la ubre, pese a ello y por las características de la búfala no toda la leche alveolar puede ser desalojada si no es extraída simultáneamente de la glándula mamaria. Por ello, debe ser considerada la capacidad de ordeño y las diversas estrategias como el brindar un entorno confortable, una correcta estimulación y favorecer una conducta positiva de la búfala durante el ordeño para aumentar la secreción de oxitocina endógena (Faraz et al., 2021) y, con ello, el máximo vaciamiento posible de la cisterna, para inhibir la posible incidencia de patologías como la mastitis.

Prevalencia y factores de riesgo de mastitis

La mastitis es una patología común en unidades lecheras de rumiantes y se asocia a las prácticas de ordeño detalladas con anterioridad (De Rosa et al., 2009). Se trata de un proceso inflamatorio de la GM, resultado de la colonización de microorganismos de origen bacteriano (Oviedo-Boyso et al., 2007). En las búfalas, los patógenos que más se han reportado en las mastitis contagiosas son *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus agalactiae* (El-Khodery y Osman, 2008), responsables de la mastitis aguda y autolimitante que genera alteraciones en el tejido mamario y en las características organolépticas de la leche (Burvenich et al., 2003). En el caso de mastitis ambientales, microorganismos como *S. uberis* y *Escherichia coli* son los más comunes (El-Khodery y Osman, 2008). Otros patógenos se asocian con coliformes (*Klebsiella pneumoniae*), enterobacterias, *Arcanobacter piogenes* (Fagiolo y Lai, 2007), hongos y levaduras (Petzl et al., 2008).

Existen dos presentaciones de la mastitis: clínica y subclínica (Burvenich et al., 2003). La primera se diagnostica mediante cambios visibles en la leche o la ubre (Sharma y Sindhu, 2007); por ejemplo, coágulos en la leche o inflamación de la GM (Seegers et al., 2003). La subclínica no denota signos clínicos aparentes y en las búfalas es tres veces más común diagnosticarla, con una prevalencia de hasta el 81.6% en países líderes en el ganado bufalino, como Bangladesh (Sharun et al., 2021).

La importancia de evaluar esta patología inflamatoria en las búfalas, radica en que genera alteraciones en la leche (Rainard y Riollot, 2006; de Boyer des Roches et al., 2017; Bertoni et al., 2019; Mota-Rojas et al., 2019), afectando la cantidad, calidad y sanidad de la misma (Singha et al., 2021). Al respecto, Catozzi *et al.* (2017) encontraron que de 83 muestras de leche de hembras con mastitis subclínica, dos de los géneros bacterianos presentes en todas fueron *Acinetobacter* y *Pseudomonas*, con una abundancia relativa de 4.47% y 15.09%, de forma respectiva.

La mastitis también afecta la salud y bienestar de las mismas hembras (Bradley, 2002; De Boyer des Roches *et al.*, 2017), que conlleva pérdidas económicas. Leslie y Petersson-Wolfe (2012) calcularon dichas pérdidas en 400 millones de dólares en Estados Unidos, incluyendo los gastos que implican los antibióticos para su tratamiento (Mota-Rojas et al., 2019) y las repercusiones que el mal uso de los mismos puede generar, como el desarrollo de bacterias resistentes *S. aureus* aisladas de leche de bovinos y búfalos de agua (Wang et al., 2008; De Medeiros et al., 2011).

Por las características y diferencias morfológicas de los búfalos del agua, en comparación con los bovinos convencionales (*B. taurus* e *indicus*), existe menos predisposición a contraer mastitis (Guccione, 2017). Esto es gracias a que la glándula mamaria de las búfalas es pendulante, con pezones más largos y, por ende, un canal del pezón largo y estrecho que obstaculiza la colonización bacteriana (Fagiolo y Lai, 2007). En otros estudios se ha considerado que la frecuencia de presentación es similar en ambas especies (Guccione et al., 2014) y se requiere diagnosticar para evitar las consecuencias derivadas del proceso, como lo es el dolor (Leslie y Petersson-Wolfe, 2012).

Entre los factores predisponentes para esta patología se identifica el mal manejo durante la ordeña, ya sea por un vaciamiento incompleto de la ubre (Cavallina et al., 2008; De Rosa et al., 2009) o por la falta de salubridad al momento de la ordeña, propiciando la contaminación con bacterias gram positivas (Burvenich et al., 2003).

Hussain et al. (2013) reportaron entre los factores de riesgo para mastitis subclínica en búfalas de Pakistán el peso del animal, número de parto, amamantamiento, ubre pendulante, la cantidad de trabajadores en la granja y mala higiene de miembros pelvianos. Asimismo, la contaminación por otros animales en casos subclínicos es otro riesgo para la salud del resto de hato (Şahin y Yıldırım, 2014). Además de las repercusiones económicas, organolépticas y de salud, el proceso inflamatorio local genera dolor, el cual es uno de los signos que alteran el estado físico y mental de las búfalas y, una vez presente, requiere tratamiento farmacológico para mitigarlo.

Mastitis: reconocimiento del dolor y sus consecuencias

El dolor, definido como una experiencia sensorial desagradable asociada, o similar a la asociada, con un daño real o potencial a tejidos (Raja et al., 2020), es uno de los signos típicos de la mastitis. Esta patología evoluciona a cuadros de dolor severo que no siempre son perceptibles en los búfalos o bovinos en general, ya que se consideran especies estoicas en quienes estas expresiones son sutiles para no exponerse a depredadores (Fitzpatrick et al., 1998; Petersson-Wolfe et al., 2018).

Durante la colonización del epitelio mamario por los microorganismos previamente señalados, la respuesta local y el inicio del dolor comienza en el tejido del pezón y la ubre. La inflamación regional conlleva el reclutamiento de neutrófilos al sitio de infección, los cuales son activados por las toxinas o metabolitos bacterianos (Shaheen et al., 2020).

La presencia de dichas células inmunes genera la secreción de mediadores inflamatorios con el fin de combatir al microorganismo (Burvenich et al., 2003). Entre estos mediadores se encuentran las prostaglandinas y aminas vasoactivas (Mohammad y Abdel-Rahman, 2013). Las citocinas como las interleucinas (IL) 1, 6, 8, y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) tienen un rol esencial durante este proceso, ya que se han encontrado en vacas lecheras con mastitis subclínica, en las cuales se observa un incremento significativo en IL-1, IL-2, IL-6 y TNF- α ($P < 0.001$) (Shaheen et al., 2020). En búfalas se ha evaluado el nivel de expresión de TNF- α , IL-1 β , IL-8, lactoferrina (LTF), y genes del receptor tipo toll (TLR) en hembras sanas y otras con mastitis. En este estudio se encontró que la expresión de TNF- α , IL-1 β , IL-8 aumentó 7.15, 62.49 y 26.20 veces, respectivamente, durante el proceso inflamatorio, lo cual constituye la respuesta inmune innata del organismo para recobrar la salud de la ubre (Tanamati et al., 2019).

La proteína C reactiva y el factor nuclear kappa (NF κ B) son otras sustancias asociadas a la mastitis en rumiantes (Ingman et al., 2014). Aumentos en la concentración de haptoglobina también se han registrado en casos de mastitis moderada en los bovinos convencionales (1.6 g/l) (Fitzpatrick et al., 1998) y en mastitis causadas por *S. aureus* en 12 búfalos (2.68 g/l) (Pisanu et al., 2019). La presencia de dichas sustancias proinflamatorias genera la activación de los receptores periféricos -o nociceptores-, los cuales son los encargados de la transducción y transmisión del estímulo nocivo proveniente de la inflamación del tejido mamario a la médula espinal y centros supraespinales para la percepción consciente del mismo (Hudson et al., 2008). Estos procesos se resumen en la Figura 7.

Normalmente, la activación del arco nociceptivo asiste en la reparación del tejido, a la eliminación del agente que lo ocasionó y a la curación del proceso patológico generado por la presencia de bacterias (Cai et al., 2018). No obstante, como suele suceder en los grandes rumiantes, cuando el proceso se cronifica y los receptores periféricos se encuentran en constante activación y transmisión de impulsos nocivos, se desencadena un proceso de sensibilización periférica y central, en el que los tejidos responden con mayor intensidad a un estímulo que normalmente es doloroso, conocido como hiperalgesia (Rasmussen et al., 2011), o disminuye tanto su umbral de activación, que estímulos que generalmente no son dolorosos, generan esta respuesta en los animales (Peters et al., 2015).

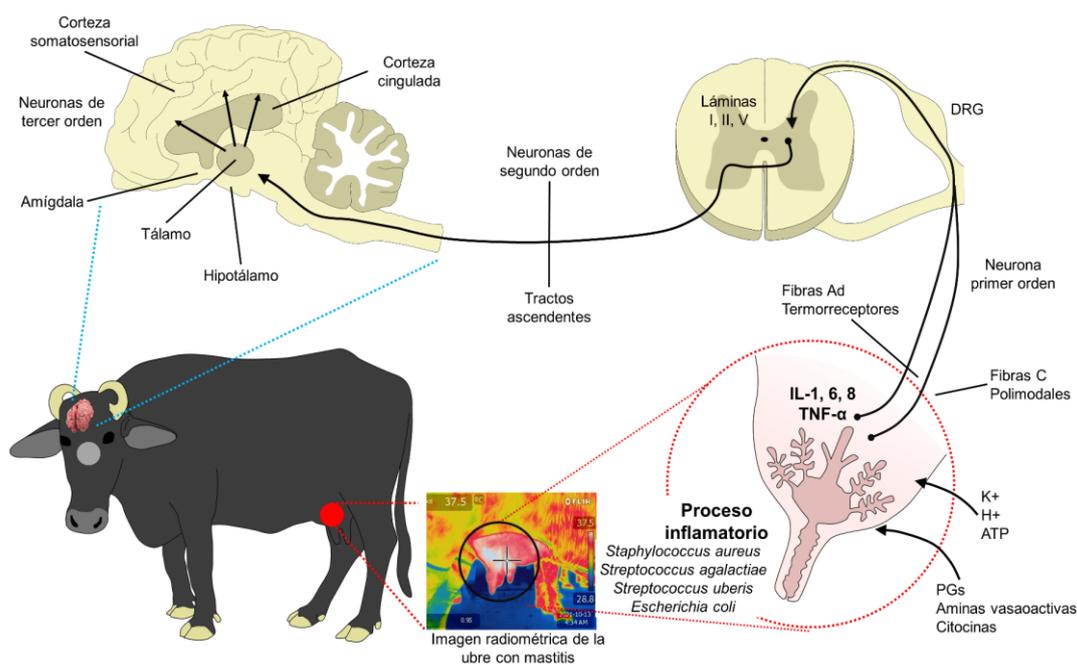


Figura 7. Activación del arco nociceptivo en el proceso inflamatorio originado por la mastitis. El proceso inflamatorio iniciado por la colonización de agentes bacterianos genera la secreción y presencia de mediadores inflamatorios como los PGs o las citocinas, las cuales activan y sensibilizan a las neuronas de primer orden (fibras Ad y C). El estímulo captado por estas fibras es transmitido hacia el asta dorsal de la médula espinal, para ser proyectado hacia centros supraespinales como el hipotálamo, amígdala o tálamo a través de las neuronas de segundo orden. Una vez en estructuras cerebrales, la señal eléctrica es llevada a la corteza somatosensorial, donde el estímulo nocivo generado en la ubre y la glándula mamaria se reconoce como dolor. ATP: adenosín trifosfato; DRG: ganglio dorsal; H+: ion hidrógeno; IL: interleucina; K+: ion potasio; PGs: prostaglandinas; TNF- α : factor de necrosis tumoral alfa.

Por ejemplo, en ganado *Bos* se han reportado bajas en los umbrales de activación durante pruebas experimentales de umbral térmico, generando el efecto de hiperalgesia en los animales (Peters et al., 2015). Estos factores, aunados a la falta de herramientas para reconocer el dolor durante cuadros subclínicos de mastitis, comprometen significativamente la salud de las búfalas (Leslie y Petersson-Wolfe, 2012) y deterioran el bienestar general de las mismas, alterando su estado mental y sus comportamientos (Mellor et al., 2020).

En la actualidad existen métodos de reconocimiento del dolor originado por la mastitis, a través de la evaluación de: 1) alteraciones en parámetros fisiológicos como taquicardia, taquipnea, fiebre o hipertermia local, catalogados como indicadores de mastitis aguda (Kemp et al., 2008); y 2) cambios en el comportamiento o en el lenguaje corporal, con una menor presentación de comportamientos naturales, como la rumia o el descanso, se

asocian a la presencia de dolor (Cyples et al., 2012; Yeiser et al., 2012), así como patear o levantar las extremidades (Medrano-Galarza et al., 2012; Siivonen et al., 2011).

Para facilitar el reconocimiento del dolor en cuadros subclínicos, Giovannini et al. (2017) diseñaron un sistema de puntuación para cuantificar el grado de dolor al inducir de manera experimental mastitis subclínica mediante la administración de ácido lipoteicoico y lipopolisacáridos de *S. aureus* y *E. coli* en vacas Holstein y Swiss Fleckvieh. Este sistema es similar a las escalas de dolor que se emplean en pequeñas especies como la de la Universidad de Melbourne (Hernandez-Avalos et al., 2019), se basa en seis categorías que incluyen elementos como la postura corporal, expresión facial, interacción, respuesta al alimento y a la palpación. De manera semejante, en el estudio de Boyer des Roches et al. (2017), la evaluación del dolor resulta de la combinación de parámetros fisiológicos como conteo de células somáticas, concentraciones de haptoglobina, amiloide sérico A, cortisol, y elementos de comportamiento como la atención a su entorno, la posición de la cola y de las orejas y cambios de postura sirvieron para cuantificar tres fases de dolor en mastitis inducida por *E. coli*. En esta investigación, la segunda fase, considerada como la de dolor agudo, se acompañó de altas concentraciones de cortisol (31.3 ng/mL) y amiloide sérico A (100.3 µg/mL), crecimiento exponencial de bacterias, y cambios en el comportamiento como baja atención a su ambiente. De igual forma, existen otros etogramas que miden disminuciones en la locomoción, hiporexia, una mala condición del pelo o cambio en la expresión facial (p. ej. orejas caídas), entre otros, para clasificar en tres grados a la mastitis de acuerdo a la manifestación de dichos parámetros conductuales, fisiológicos y cambios observables (Huxley y Hudson, 2007).

Si bien este tipo de herramientas han sido desarrolladas y aplicadas en bovinos convencionales, debido que son de fácil empleo y permiten el reconocimiento del dolor de manera temprana (Kemp et al., 2008), su uso podría ser trasladado a los búfalos, recordando que para un adecuado manejo del dolor se necesita identificarlo primero para prevenir las consecuencias de salud y establecer protocolos analgésicos pertinentes. En las búfalas, tratamientos antibióticos en conjunto con antiinflamatorios no esteroideos como ketoprofeno o meloxicam (Sharma y Sindhu, 2007) constituye uno de los protocolos predominantes para atender las mastitis. De igual manera, tratamientos a base de citrato trisódico (Dhillon y Singh, 2013), medicina complementaria como la homeopatía (Parmar et al., 2015), o estudios de composición láctea pueden auxiliar en la identificación de la mastitis antes de que aparezcan los signos clínicos y, con ello, las consecuencias del dolor y su afectación en el bienestar de las búfalas (Pettersson-Wolfe et al., 2018).

CONSIDERACIONES FINALES

El parto, la lactancia, y el periodo de ordeña son fases íntimamente vinculadas y que resultan clave en la competitividad de las unidades de producción lechera de búfalos del agua. Su relevancia implica que los médicos veterinarios, ganaderos y personal responsable garanticen el desarrollo y un correcto manejo de las hembras y las crías, con el fin de evitar complicaciones sanitarias y productivas. Por una parte, el parto y sus diferentes fases, las

cuales se pueden analizar y evaluar mediante los cambios fisiológicos y de comportamiento, implica un riesgo para la madre y el neonato cuando se diagnostica un parto distócico. En búfalas, las principales causas de distocias se atribuyen a efectos maternos como alteraciones anatómicas del útero, cérvix, vagina o vulva, o al efecto de inercia miometrial, mientras que entre las causas fetales se encuentran desproporciones feto-pélvicas, malformaciones e inadecuado posicionamiento del feto. Estas manifestaciones pueden culminar con la sensibilización nociceptiva de la madre, o con muerte fetal como consecuencia de anoxia, acidosis o baja vitalidad al nacimiento.

Debido a que las unidades de producción lechera en búfalos presentan alta dependencia de los nacimientos, ya que las crías facilitan la eyección de la leche, monitorear que los partos sean eutócicos fomenta la productividad de estas dos categorías de animales. Durante el ordeño y toda su duración, seguir protocolos de inocuidad y buenas prácticas pecuarias también coadyuva a la prevención de patologías como la mastitis. Este proceso inflamatorio de la glándula mamaria deriva de la colonización de bacterias que pueden ser adquiridas por una higiene insuficiente o una mala técnica de ordeño. Por ello, asegurar que las búfalas reciban un manejo adecuado desde el inicio de la gestación hasta el parto y durante el periodo de ordeña, contribuye a la salud de las búfalas, a elevar su productividad, favorecen el bienestar de la madre y la cría y, en última instancia, a mantener el valor económico de los semovientes.

REFERENCIAS

- Abdullah, F., Adamu, L., Hashim, N., Osman, A., Haron, A., Yimer, N., Awang, D., Roslim, N., 2014. surgical management of a second degree perineal laceration in a buffalo sequel to dystocia. *Int. J. Livest. Res.* 4, 146.
- Ahmad, M., 2021. Oxytocin; Effects on milk production. *Pure Appl. Biol.* 10.
- Ahuja, A.K., Dogra, P., Kumar, S., Dhindsa, S.S., Singh, H., 2017. A case of dystocia due to fetal ascites in Murrah buffalo. *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol.* 2, 1767–1769.
- Attupuram, N.M., Kumaresan, A., Narayanan, K., Kumar, H., 2016. Cellular and molecular mechanisms involved in placental separation in the bovine: A review. *Mol. Reprod. Dev.* 83, 287–297.
- Autumn, P., Stabenfeldt, G., 2020. Gestación y parto. In: Klein, B.G. (Ed.), *Cunningham Fisiología Veterinaria*. Elsevier, España, pp. 450–457.
- Barrier, A.C., Mason, C., Dwyer, C.M., Haskell, M.J., Macrae, A.I., 2013. Stillbirth in dairy calves is influenced independently by dystocia and body shape. *Vet. J.* 197, 220–223.
- Barrier, A.C., Ruelle, E., Haskell, M.J., Dwyer, C.M., 2012. Effect of a difficult calving on the vigour of the calf, the onset of maternal behaviour, and some behavioural indicators of pain in the dam. *Prev. Vet. Med.* 103, 248–256.
- Benedictus, L., Koets, A.P., Rutten, V.P.M.G., 2015. The role of placental MHC class I expression in immune-assisted separation of the fetal membranes in cattle. *J. Reprod. Immunol.* 112, 11–19.
- Bertoni, A., Álvarez-Macías, A., Dávalos-Flores, J.L., Mota-Rojas, D., 2020a. Capítulo 5. Productividad de los búfalos de agua y sus expectativas de desarrollo en zonas tropicales. In: Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Orihuela, A. (Eds.), *El búfalo de agua en Latinoamérica*. BM Editores, Ciudad de México, México, pp. 167–207. <https://www.lifescienceglobal.com/journals/journal-ofbuffalo-science/97-abstract/jbs/4550-el-bufalo-de-agua-en-latinoamerica-hallazgos-recientes>

- Bertoni, A., Álvarez-Macías, A., Mota-Rojas, D., Álvarez-Macías, A., Mota-Rojas, D., 2019. Productive performance of buffaloes and their development options in tropical regions. *Soc Rur Prod Med Amb* 19, 59–80.
- Bertoni, A., Álvarez-Macías, A., Mota-Rojas, D., Dávalos, J.L., Minervino, A.H.H., 2021. Dual-purpose water buffalo production systems in tropical Latin America: bases for a sustainable model. *Animals* 11, 2910.
- Bertoni, A., Martínez, G.M., Napolitano, Fabio, Álvarez-Macías, A., Ghezzi, M.D., Mora-Medina, P., Braghieri, A., Guerrero-Legarreta, Isabel, Cruz-Monterrosa, R., Daniel, M.-R., Rayas-Amor, A.A., 2020b. Ventajas y desventajas de los sistemas de ordeño manual y mecánico: productividad, bienestar animal y rentabilidad. In: Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I, Orihuela, A. (Eds.), *El búfalo de agua en Latinoamérica*, hallazgos recientes. BM Editores, México, pp. 772–807.
- Bidarimath, M., Aggarwal, A., 2007. Studies on cisternal and alveolar fractions & its composition and mammary health of Murrah buffaloes administered oxytocin. *Trop. Anim. Health Prod.* 39, 433–438.
- Borghese, A., Boselli, C., Rosati, R., 2013. Lactation curve and milk flow. *Buffalo Bull.* 32, 334–350.
- Borghese, A., Rasmussen, M., Thomas, C.S., 2007. Milking management of dairy buffalo. *Ital. J. Anim. Sci.* 6, 39–50.
- Boselli, C., Borghese, A., Marta, U. Della, Leto, A., Filippetti, F., 2016. Study of milkability in Mediterranean Italian Buffalo cow raised in central Italy. *Rev. CES Med. Vet. y Zootec.* 11.
- Boselli, C., De Marchi, M., Costa, A., Borghese, A., 2020. Study of Milkability and its relation with milk yield and somatic cell in Mediterranean Italian water buffalo. *Front. Vet. Sci.* 7.
- Bradley, A.J., 2002. Bovine Mastitis: An Evolving Disease. *Vet. J.* 164, 116–128.
- Bruckmaier, R.M., Wellnitz, O., 2008. Induction of milk ejection and milk removal in different production systems. *J. Anim. Sci.* 86, 15–20.
- Burvenich, C., Van Merris, V., Mehrzad, J., Diez-Fraile, A., Duchateau, L., 2003. Severity of *E. coli* mastitis is mainly determined by cow factors. *Vet. Res.* 34, 521–564.
- Cai, Z., Guldbrandtsen, B., Lund, M.S., Sahana, G., 2018. Prioritizing candidate genes post-GWAS using multiple sources of data for mastitis resistance in dairy cattle. *BMC Genomics* 19, 656.
- Cardiff, R.D., Jindal, S., Treuting, P.M., Going, J.J., Gusterson, B., Thompson, H.J., 2018. Mammary Gland. In: *Comparative anatomy and histology*. Elsevier, pp. 487–509.
- Catozzi, C., Sanchez Bonastre, A., Francino, O., Lecchi, C., De Carlo, E., Vecchio, D., Martucciello, A., Fraulo, P., Bronzo, V., Cuscó, A., D’Andreano, S., Ceciliani, F., 2017. The microbiota of water buffalo milk during mastitis. *PLoS One* 12, e0184710.
- Cavallina, R., Roncoroni, C., Campagna, M.C., Minero, M., Canali, E., 2008. Buffalo behavioural response to machine milking in early lactation. *Ital. J. Anim. Sci.* 7, 287–295.
- Chouksey, S., Kumar, J., Sahu, S., 2022. Incomplete dilation of cervix in large animals : A review 11, 573–578.
- Cosenza, G., Pauciullo, A., Mancusi, A., Nicodemo, D., Di Palo, R., Zicarelli, L., Di Bernardino, D., Ramunno, L., 2007. Mediterranean river buffalooxytocin-neurophysin I (OXT) gene: structure, promoter analysis and allele detection. *Ital. J. Anim. Sci.* 6, 303–306.
- Crociati, M., Sylla, L., De Vincenzi, A., Stradaoli, G., Monaci, M., 2022. How to predict parturition in cattle? a literature review of automatic devices and technologies for remote monitoring and calving prediction. *Animals* 12, 405.
- Cyphers, J.A., Fitzpatrick, C.E., Leslie, K.E., DeVries, T.J., Haley, D.B., Chapinal, N., 2012. Short communication: The effects of experimentally induced *Escherichia coli* clinical mastitis on lying behavior of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95, 2571–2575.
- Das, G., Kumar, A., Dangi, S., Khan, F., 2013. Parturition and puerperium in the buffalo. In: Purohit, G. (Ed.), *Bubaline theriogenology*. International veterinary information service, Ithaca, pp. 238–51.

- de Boyer des Roches, A., Faure, M., Lussert, A., Herry, V., Rainard, P., Durand, D., Foucras, G., 2017. Behavioral and patho-physiological response as possible signs of pain in dairy cows during *Escherichia coli* mastitis: A pilot study. *J. Dairy Sci.* 100, 8385–8397.
- de Medeiros, E.S., França, C.A., Krewer, C. da C., Peixoto, R. de M., de Souza Júnior, A.F., Cavalcante, M.B., da Costa, M.M., Mota, R.A., 2011. Antimicrobial resistance of *Staphylococcus* spp. isolates from cases of mastitis in buffalo in Brazil. *J. Vet. Diagnostic Investig.* 23, 793–796.
- De Rosa, G., Grasso, F., Braghieri, A., Bilancione, A., Di Francia, A., Napolitano, F., 2009. Behavior and milk production of buffalo cows as affected by housing system. *J. Dairy Sci.* 92, 907–912.
- Deka, R., Nath, K.C., Bhuyan, M., Bhuyan, D., Das, G.C., Dutta, L., Borpujari, D., 2021a. Parturition behavior of Swamp buffalo cows (*Bubalus bubalis*) under organized system of rearing. *Biol. Rhythm Res.* 52, 444–453.
- Dematawewa, C.M.B., Berger, P.J., 1998. Genetic and Phenotypic Parameters for 305-Day Yield, Fertility, and Survival in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 81, 2700–2709.
- Derar, D.R.I., Abdel Rahman, M.A., 2012. A comparative study on behavioral, physiological and adrenal changes in blood cortisol of buffalo during actual labour. *Buffalo Bull.* 31, 129–135.
- Dhami, A.J., Thavani, K.L., Patel, J.A., Sarvaiya, N.P., 2012. Post-abortion and post-partum serum progesterone profile and breeding efficiency in buffaloes retaining fetal membranes. *Buffalo Bull.* 31, 189–192.
- Dhillon, K.S., Singh, J., 2013. A new horizon in the pathobiology, aetiology and novel treatment of mastitis in buffalo. *Buffalo Bull.* 32, 26–34.
- Di Palo, R., Campanile, G., Ariota, B., Vecchio, D., Grassi, C., Neri, D., Varricchio, E., Rendina, M., 2007. Milk flow traits in Mediterranean Italian Buffaloes. *Ital. J. Anim. Sci.* 6, 1319–1322.
- Dodamani, M.S., Mohteshamuddin, K., Awati, S.D., Tandle, M.K., Honnapagol, S.S., 2010. Study on calving pattern in buffaloes. *Vet. World* 3, 188–190.
- El-Khodery, S.A., Osman, S.A., 2008. Cryptosporidiosis in buffalo calves (*Bubalus bubalis*): Prevalence and potential risk factors. *Trop. Anim. Health Prod.* 40, 419–426.
- Ellingsen, K., Coleman, G.J., Lund, V., Mejdell, C.M., 2014. Using qualitative behaviour assessment to explore the link between stockperson behaviour and dairy calf behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 153, 10–17.
- Eppe, J., Lowie, T., Opsomer, G., Hanley-Cook, G., Meesters, M., Bossaert, P., 2021. Treatment protocols and management of retained fetal membranes in cattle by rural practitioners in Belgium. *Prev. Vet. Med.* 188, 105267.
- Espinosa, Y., Ponce, P., Capdevila, J., 2011. Efecto de la estimulación con bucerro, oxitocina y manual sobre los indicadores de ordeño en búfalas. *Rev. Salud Anim.* 33, 90–96.
- Fagiolo, A., Lai, O., 2007. Mastitis in buffalo. *Ital. J. Anim. Sci.* 6, 200–206.
- FAO, 2018. The future of food and agriculture Trends and challenges.
- Faraz, A., Tauqir, N.A., Waheed, A., Hameed, A., 2021. Effect of exogenous oxytocin administration on the performance of lactating Nili Ravi Buffalo. *Irian J. Appl. Anim. Sci.* 11, 517–525.
- Faraz, A., Waheed, A., Nazir, M.M., Hameed, A., Tauqir, N.A., Mirza, R.H., Ishaq, H.M., Bilal, R.M., 2020. Impact of oxytocin administration on milk quality, reproductive performance and residual effects in dairy animals – A review. *Punjab Univ. J. Zool.* 35, 61–67.
- Fitzpatrick, J.L., Young, F.J., Eckersall, D., David, N., Knight, C.J., Nolan, A., 1998. Recognising and Controlling Pain and Inflammation in Mastitis. *Proc Br. Mastit. Conf.* 36–44.
- Flower, F.C., Sanderson, D.J., Weary, D.M., 2006. Effects of milking on dairy cow gait. *J. Dairy Sci.* 89, 2084–2089.
- Fourichon, C., Seegers, H., Malher, X., 2000. Effect of disease on reproduction in the dairy cow: a meta-analysis. *Theriogenology* 53, 1729–1759.
- Fraga, L.M., Fundora, O., Gutiérrez, M., González, M.E., 2004. Influencia de algunos factores en el peso al nacer de bucerros de la raza Bufalipso . Nota técnica. *Cuba. J. Agric. Sci.* 2002–2005.
- Gabr, A.E., Ebrahim, S., El-Hawary, A., Fathala, M., EL-Gohary, E., Ahmed, S.E., Abdel-Latif, M., 2017. Upgrading milk productivity of primiparous buffaloes using glycogenic precursors;

- implications on milk production and blood biochemical parameters. *Zagazig Vet. J.* 45, 92–103.
- Giovannini, A.E.J., van den Borne, B.H.P., Wall, S.K., Wellnitz, O., Bruckmaier, R.M., Spadavecchia, C., 2017. Experimentally induced subclinical mastitis: are lipopolysaccharide and lipoteichoic acid eliciting similar pain responses? *Acta Vet. Scand.* 59, 40.
- Gohar, M.A., Elmetwally, M.A., Montaser, A., Zaabel, S.M., 2018. Effect of oxytetracycline treatment on postpartum reproductive performance in dairy buffalo-cows with retained placenta in Egypt. *J. Vet. Healthc.* 1, 45–53.
- González-Lozano, M., Mota-Rojas, D., Orihuela, A., Martínez-Burnes, J., Di Francia, A., Braghieri, A., Berdugo-Gutiérrez, J., Mora-Medina, P., Ramírez-Necoechea, R., Napolitano, F., 2020. Review: Behavioral, physiological, and reproductive performance of buffalo cows during eutocic and dystocic parturitions. *Appl. Anim. Sci.* 36, 407–422.
- Guccione, J., 2017. Mastitis in Mediterranean Buffaloes. *J. Dairy Vet. Sci.* 2.
- Guccione, J., Cosandey, A., Pesce, A., Di Loria, A., Pascale, M., Piantedosi, D., Steiner, A., Graber, H.U., Ciaramella, P., 2014. Clinical outcomes and molecular genotyping of *Staphylococcus aureus* isolated from milk samples of dairy primiparous Mediterranean buffaloes (*Bubalus bubalis*). *J. Dairy Sci.* 97, 7606–7613.
- Hansen, M., Lund, M.S., Pedersen, J., Christensen, L.G., 2004. Gestation length in Danish Holsteins has weak genetic associations with stillbirth, calving difficulty, and calf size. *Livest. Prod. Sci.* 91, 23–33.
- Hernandez-Avalos, I., Mota-Rojas, D., Mora-Medina, P., Martínez-Burnes, J., Casas Alvarado, A., Verduzco-Mendoza, A., Lezama-García, K., Olmos-Hernandez, A., 2019. Review of different methods used for clinical recognition and assessment of pain in dogs and cats. *Int. J. Vet. Sci. Med.* 7, 43–54.
- Holland, M.D., Speer, N.C., LeFever, D.G., Taylor, R.E., Field, T.G., Odde, K.G., 1993. Factors contributing to dystocia due to fetal malpresentation in beef cattle. *Theriogenology* 39, 899–908.
- Hudson, G.M., Green, J.M., Bishop, P.A., Richardson, M.T., 2008. Effects of caffeine and aspirin on light resistance training performance, perceived exertion, and pain perception. *J. Strength Cond. Res.* 22, 1950–1957.
- Hussain, R., Javed, M.T., Khan, A., Muhammad, G., 2013. Risks factors associated with subclinical mastitis in water buffaloes in Pakistan. *Trop. Anim. Health Prod.* 45, 1723–1729.
- Huxley, J.N., Hudson, C.D., 2007. Should we control the pain of mastitis? *Int. Dairy Top.* 6, 17–18.
- Huzzey, J.M., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., 2005. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *J. Dairy Sci.* 88, 2454–2461.
- Indurkar, S., Tiwari, R.P., Dubey, M., Khan, J.R., Mishra, G.K., 2019. Biochemical and hormonal profiles in buffaloes with retained fetal membranes. *Buffalo Bull.* 38, 35–39.
- Ingman, W. V., Glynn, D.J., Hutchinson, M.R., 2014. inflammatory mediators in mastitis and lactation insufficiency. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia* 19, 161–167.
- Jainudeen, M., Hafez, E., 2000. Cattle and buffalo. In: Hafez, E., Hafez, B. (Eds.), *Reproduction in farm animals*. Blackwell Publishing, Philadelphia, Pennsylvania USA, pp. 159–171.
- Janjanam, J., Singh, S., Jena, M.K., Varshney, N., Kola, S., Kumar, S., Kaushik, J.K., Grover, S., Dang, A.K., Mukesh, M., Prakash, B.S., Mohanty, A.K., 2014. Comparative 2D-DIGE proteomic analysis of bovine mammary epithelial cells during lactation reveals protein signatures for lactation persistency and milk yield. *PLoS One* 9, e102515.
- Jeengar, K., Purohit, G.N., Mehta, J.S., Choudhary, V., Nirwan, L.K., 2015. A retrospective study on incidence of dystocia in cattle and buffaloes at referral center. *Theriogenology Insight - An Int. J. Reprod. all Anim.* 5, 41.
- Jena, M.K., Janjanam, J., Naru, J., Kumar, Saravanan, Kumar, Sudarshan, Singh, S., Mohapatra, S.K., Kola, S., Anand, V., Jaswal, S., Verma, A.K., Malakar, D., Dang, A.K., Kaushik, J.K., Reddy, V.S., Mohanty, A.K., 2015. DIGE based proteome analysis of mammary gland tissue in water buffalo (*Bubalus bubalis*): Lactating vis-a-vis heifer. *J. Proteomics* 119, 100–111.

- Kalasariya, R.M., Dharni, A.J., Hadiya, K.K., Borkhatariya, D.N., Patel, J.A., 2017. Effect of peripartum nutritional management on plasma profile of steroid hormones, metabolites, and postpartum fertility in buffaloes. *Vet. World* 10, 302–310.
- Kamemori, Y., Wakamiya, K., Nishimura, R., Hosaka, Y., Ohtani, S., Okuda, K., 2011. Expressions of apoptosis-regulating factors in bovine retained placenta. *Placenta* 32, 20–26.
- Kemp, M.H., Nolan, A.M., Cripps, P.J., Fitzpatrick, J.L., 2008. Animal-based measurements of the severity of mastitis in dairy cows. *Vet. Rec.* 163, 175–179.
- Khan, H.M., Bhakat, M., Mohanty, T.K., Gupta, A.K., Raina, V.S., Mir, M.S., 2009. Peripartum reproductive disorders in buffaloes - An overview. *Vet Scan* 4, 4:1-10.
- Kumar, N., Singh, B., 1984. Some neoplasms involving female genitalia of buffaloes. *Indian Vet. J.* 61, 185–187.
- Lanzoni, L., Chincarini, M., Giammarco, M., Fusaro, I., Gloria, A., Contri, A., Ferri, N., Vignola, G., 2021. Maternal and neonatal behaviour in italian mediterranean buffaloes. *Animals* 11, 1584.
- Leslie, K.E., Petersson-Wolfe, C.S., 2012. Assessment and management of pain in dairy cows with clinical mastitis. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 28, 289–305.
- Lollivier, V., Guinard-Flament, J., Ollivier-Bousquet, M., Marnet, P.-G., 2002. Oxytocin and milk removal: two important sources of variation in milk production and milk quality during and between milkings. *Reprod. Nutr. Dev.* 42, 173–186.
- Lombard, J.E., Garry, F.B., Tomlinson, S.M., Garber, L.P., 2007. Impacts of dystocia on health and survival of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 90, 1751–1760.
- Macias, H., Hinck, L., 2012. Mammary gland development. *Wiley Interdiscip. Rev. Dev. Biol.* 1, 533–557.
- Mainau, E., Manteca, X., 2011a. Pain and discomfort caused by parturition in cows and sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 135, 241–251.
- Martínez-Burnes, J., Mota-Rojas, D., Napolitano, F., López-Mayagoitia, A., González-Lozano, M., Braghieri, A., De Rosa, G., Orihuela, A., 2020. Mortinatos en la búfala de agua: factores de riesgo fetal y materno. In: Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Orihuela-Trujillo, A. (Eds.), *El Búfalo de Agua En Latinoamérica*, Hallazgos Recientes. BM Editores, Mexico City, pp. 564–581. <https://www.lifescienceglobal.com/journals/journal-ofbuffalo-science/97-abstract/jbs/4550-el-bufalo-de-agua-en-latinoamerica-hallazgos-recientes>
- Martínez-Burnes, J., Muns, R., Barrios-García, H., Villanueva-García, D., Domínguez-Oliva, A., Mota-Rojas, D., 2021. Parturition in mammals: Animal models, pain and distress. *Animals* 11, 2960. <https://doi.org/10.3390/ani11102960>
- Medrano-Galarza, C., Gibbons, J., Wagner, S., de Passillé, A.M., Rushen, J., 2012. Behavioral changes in dairy cows with mastitis. *J. Dairy Sci.* 95, 6994–7002.
- Mee, J., 2013. Why do so many calves die on modern dairy farms and what can we do about calf welfare in the future? *Animals* 3, 1036–1057.
- Melin, M., Hermans, G.G.N., Pettersson, G., Wiktorsson, H., 2006. Cow traffic in relation to social rank and motivation of cows in an automatic milking system with control gates and an open waiting area. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 96, 201–214.
- Mellor, D.J., Beausoleil, N.J., Littlewood, K.E., McLean, A.N., McGreevy, P.D., Jones, B., Wilkins, C., 2020. The 2020 Five domains model: Including Human–Animal interactions in assessments of animal welfare. *Anim. an Open Access J. from MDPI* 10, 1–24.
- Mohammad, D.R.I., Abdel-Rahman, M.A.M., 2013. A comparative study on behavioral, physiological, and adrenal changes in buffaloes during the first stage of labor with normal and difficult parturition. *J. Vet. Behav.* 8, 46–50.
- Mora-Medina, P., Berdugo-Gutiérrez, J.A., Mota-Rojas, D., Ruiz-Buitrago, J.D., Nava-Adame, J., Guerrero-Legarreta, I., 2018. Behaviour and welfare of dairy buffaloes: Pasture or Confinement? *J. Buffalo Sci.* 7, 43–48.
- Morini, A.C., Barbosa, P.L.G., Melnic, R. V., M. Junior, J.C., Francioli, A.L.R., Martins, D.S., Pereira, F.T.V., Favaron, P.O., Ambrósio, C.E., Miglino, M.A., 2008. Caracterização das membranas fetais em búfalas no terço inicial da gestação. *Pesqui. Veterinária Bras.* 28, 437–445.

- Mota-Rojas, D., De Rosa, G., Mora-Medina, P., Braghieri, A., Guerrero-Legarreta, I., Napolitano, F., Mota Rojas, D., 2019. Dairy buffalo behaviour and welfare from calving to milking. *CABI Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.* 14, 1–9. doi: [10.1079/PAVSNNR201914035](https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201914035)
- Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Napolitano, F., Domínguez-Muñoz, M., Guerrero-Legarreta, I., Mora-Medina, P., Ramírez-Necoechea, R., Lezama-García, K., González-Lozano, M., Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Napolitano, F., Domínguez-Muñoz, M., Guerrero-Legarreta, I., Mora-Medina, P., Ramírez-Necoechea, R., Lezama-García, K., González-Lozano, M., 2020a. Dystocia: factors affecting parturition in domestic animals. *CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.* 15, 1-15. doi: [10.1079/PAVSNNR202015013](https://doi.org/10.1079/PAVSNNR202015013)
- Mota-Rojas, D., Broom, D., Orihuela, A., Velarde, A., Napolitano, F., Alonso-Spilsbury, M., 2020b. Effects of human-animal relationship on animal productivity and welfare. *J. Anim. Behav. Biometeorol.* 8, 196–205. doi.org/10.31893/jabb.20026
- Mota-Rojas, Daniel, Napolitano, Fabio, Braghieri, A., Rosa, G. De, Álvarez-Macías, A., Mora-Medina, P., Varona, E. De, Bertoni, A., Berdugo-Gutiérrez, J., Masucci, F., 2020c. Comportamiento y bienestar de la búfala lechera. In: Napolitano, F, Mota-Rojas, D, Guerrero-Legarreta, I., Orihuela, A. (Eds.), *El Búfalo de Agua En Latinoamérica*, Hallazgos Recientes. BM Editores, Ciudad de México, pp. 95–130. <https://www.lifescienceglobal.com/journals/journal-ofbuffalo-science/97-abstract/jbs/4550-el-bufalo-de-agua-en-latinoamerica-hallazgos-recientes>
- Mota-Rojas, Daniel, Orihuela, A., Napolitano, F., Hufana-Duran, D., Serrapica, F., Olmos-Hernández, A., Mora-Medina, P., De Rosa, G., 2020d. El parto y ordeño de la búfala: respuestas fisiológicas y conductuales. In: Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Orihuela, A. (Eds.), *El Búfalo de Agua En Las Américas*, Hallazgos Recientes. BM Editores, México, pp. 492–534. <https://www.lifescienceglobal.com/journals/journal-ofbuffalo-science/97-abstract/jbs/4550-el-bufalo-de-agua-en-latinoamerica-hallazgos-recientes>
- Mota-Rojas, Daniel, Braghieri, A., Álvarez-Macías, A., Serrapica, F., Ramírez-Bribiesca, E., Cruz-Monterrosa, R., Masucci, F., Mora-Medina, P., Napolitano, F., 2021a. The use of draught animals in rural labour with focus in water buffalo. *Animals* 11, 2683. <https://doi.org/10.3390/ani11092683>
- Mota-Rojas, Daniel, Marcet-Rius, M., Freitas-de-Melo, A., Muns, R., Mora-Medina, P., Domínguez-Oliva, A., Orihuela, A., 2021b. Allonursing in Wild and Farm Animals: Biological and Physiological Foundations and Explanatory Hypotheses. *Animals* 11, 3092. <https://doi.org/10.3390/ani11113092>
- Mota-Rojas, D., Pereira, M.F.A., Wang, D., Martínez-Burnes, J., Ghezzi, M., Hernández-Ávalos, I., Lendez, P., Mora-Medina, P., Casas, A., Olmos-Hernández, A., Domínguez, A., Bertoni, A., de Mira Geraldo, A., 2021c. Clinical applications and factors involved in validating thermal windows in large ruminants to assess health and productivity. *Animals* 11, 2247. <https://doi.org/10.3390/ani11082247>
- Mota-Rojas, D., Velarde, A., Marcet-Rius, M., Orihuela, A., Bragaglio, A., Hernández-Ávalos, I., Casas-Alvarado, A., Domínguez-Oliva, A., Whittaker, A.L. 2022. Analgesia during parturition in domestic animals: perspectives and controversies on its use. *Animals.* 12, 2686. <https://doi.org/10.3390/ani12192686>
- Murtaza, S., Sattar, A., Ahmad, N., Jamil Ahmad, M., Akhtar, S., Ahmad, E., Ahmad, T., Omer, T., 2021. Effect of exogenous administration of oxytocin on postpartum follicular dynamics, oestrous rate and ovulation in Nili-Ravi buffaloes. *Reprod. Domest. Anim.* 14001.
- Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Berdugo-Gutiérrez, J.A., Gonzalez-Lozano, M., Mora-Medina, P., Ruiz-Buitrago, J.D., Guerrero-Legarreta, I., 2018. El bienestar de la búfala lechera al parto. *Ganadería.com* <https://www.ganaderia.com/destacado/el-bienestar-de-la-bufala-lechera-al-parto>
- Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Alvarez, A., Braghieri, A., 2020a. Factores productivos y su incidencia en el bienestar de la búfala lechera en sistemas de producción extensivos e intensivos. *Soc Rur Prod Med Amb* 20, 155–173.

- Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Orihuela, A., 2020b. El búfalo de agua en Latinoamérica, hallazgos recientes., 3rd ed. BM Editores, México. <https://www.lifescienceglobal.com/journals/journal-ofbuffalo-science/97-abstract/jbs/4550-el-bufalo-de-agua-en-latinoamerica-hallazgos-recientes>
- Napolitano, F., Mota-Rojas, D., De Rosa, G., Alvarez Macias, A.G., Braghieri, A., Bertoni, A., Flores, K., Gómez, J., López, G., Guerrero-Legarreta, I., Serrapica, F., 2021. Advances and Perspectives in Research on Buffalo Milk Production and Mozzarella Cheese. *Agro Product*. 14.
- Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Martínez-Burnes, J., Rosa, G. De, Hufana Duran, D., Braghieri, A., González-Lozano, M., Francia, A. Di, Serrapica, F., Orihuela, A. 2020c. Perinatología y ginecobstetricia de la búfala de agua. In: Napolitano, F., Mota-Rojas, D, Guerrero-Legarreta, I., Orihuela, A. (Eds.), *El Búfalo de agua en latinoamérica, hallazgos recientes*. BM Editores, Ciudad de México, pp. 536–563. <https://www.lifescienceglobal.com/journals/journal-ofbuffalo-science/97-abstract/jbs/4550-el-bufalo-de-agua-en-latinoamerica-hallazgos-recientes>
- Napolitano, F., Braghieri, A.; Bragaglio, A., Rodríguez-González, D., Mora-Medina, P., Ghezzi, M.D., Álvarez-Macías, A., Lendez, P.A., Sabia, E., Domínguez-Oliva, A., et al. 2022. Neurophysiology of Milk Ejection and Prestimulation in Dairy Buffaloes. *Animals*. 12, 2649. <https://doi.org/10.3390/ani12192649>
- Nasr, M., 2017. The impact of cross-breeding Egyptian and Italian buffalo on reproductive and productive performance under a subtropical environment. *Reprod. Domest. Anim.* 52, 214–220.
- Noakes, D.E., Parkinson, T.J., England, G.C.W., 2009. *Veterinary reproduction and obstetrics*, 9th ed. ed, W.B. Saunders Ltd. W.B. Saunders Ltd, London, UK.
- Olmos-Hernández, S.A., Ghezzi, M.D., Napolitano, Fabio, Cuibus, A., Álvarez-Macías, A., Braghieri, A., Mota-Rojas, Daniel, 2020. Anatomofisiología de la glándula mamaria: neuroendocrinología de la eyección láctea en la búfala de agua. In: Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Orihuela, A. (Eds.), *El Búfalo de agua en latinoamérica, hallazgos recientes*. BM Editores, México, pp. 720–771.
- Orihuela, A., Mota-Rojas, D., Strappini, A., Serrapica, F., Braghieri, A., Mora-Medina, P., Napolitano, F., 2021. Neurophysiological mechanisms of cow–calf bonding in buffalo and other farm animals. *Animals* 11, 1968.
- Oviedo-Boyso, J., Valdez-Alarcón, J.J., Cajero-Juárez, M., Ochoa-Zarzosa, A., López-Meza, J.E., Bravo-Patiño, A., Baizabal-Aguirre, V.M., 2007. Innate immune response of bovine mammary gland to pathogenic bacteria responsible for mastitis. *J. Infect.* 54, 399–409.
- Ozenc, E., Bozkurt, M.F., Yazici, E., Seker, E., Bayraktaroglu, A.G., Ozcinar, U., Dogan, N., 2020. Teat characteristics in relation to animal temperament during milking in buffaloes, and comparison of buffalo and cow teat morphology. *Reprod. Domest. Anim.* 55, 559–566.
- Parmar, V., Prasad, A., Patel, J., Dodiya, P., Javia, B., Mathpati, B., 2015. Therapeutic management of clinical mastitis caused by pseudomonas spp with special reference to homeopathy medicine in jafarabadi buffalo - a case. *Rumin. Sci.* 4, 159–165.
- Patbandha, T.K., Maharana, B.R., Diagnostic, R.V., Centre, E., Marandi, S., 2015. Effect of season and stage of lactation on milk components of Jaffrabadi. *The Bioscan* 10, 635–638.
- Patel, R. V, Parmar, S.C., 2016. Retention of fetal membranes and its clinical perspective in bovines. *Sch. J. Agric. Vet. Sci.* 3, 111–116.
- Peters, M.D.P., Silveira, I.D.B., Fischer, V., 2015. Impact of subclinical and clinical mastitis on sensitivity to pain of dairy cows. *Animal* 9, 2024–2028.
- Petersson-Wolfe, C.S., Leslie, K.E., Swartz, T.H., 2018. An update on the effect of clinical mastitis on the welfare of dairy cows and potential therapies. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 34, 525–535.
- Petzl, W., Zerbe, H., Günther, J., Yang, W., Seyfert, H.-M., Nürnberg, G., Schuberth, H.-J., 2008. *Escherichia coli*, but not *Staphylococcus aureus* triggers an early increased expression of

- factors contributing to the innate immune defense in the udder of the cow. *Vet. Res.* 39, 18.
- Pisanu, S., Cacciotto, C., Pagnozzi, D., Puggioni, G.M.G., Uzzau, S., Ciaramella, P., Guccione, J., Penati, M., Pollera, C., Moroni, P., Bronzo, V., Addis, M.F., 2019. Proteomic changes in the milk of water buffaloes (*Bubalus bubalis*) with subclinical mastitis due to intramammary infection by *Staphylococcus aureus* and by non-aureus staphylococci. *Sci. Rep.* 9, 15850.
- Polikarpus, A., 2013. Behavior of buffalo cows in the milking parlour: entrance order and side preference [WWW Document]. ResearchGate.
- Polikarpus, A., Grasso, F., Pacelli, C., Napolitano, F., De Rosa, G., 2014. Milking behaviour of buffalo cows: entrance order and side preference in the milking parlour. *J. Dairy Res.* 81, 24–29.
- Prasad, R.M. V., Laxmi, P.J., 2004. Studies on the temperament of Murrah buffaloes with various udder and teat shapes and its effect on milk yield. *Buffalo Bull.* 33, 170–176.
- Purohit, G., 2010. Parturition in domestic animals: A review. *WebmedCentral Reprod.* WMC00748.
- Rabbani, R.A., Ahmad, I., Lodhi, L.A., Ahmad, N., Muhammad, G., 2010. Prevalence of various reproductive disorders and economic losses caused by genital prolapse in buffaloes. *Pak. Vet. J.* 30, 44–48.
- Rahman, S.M.R., Islam, M.N., Harun-ur-Rashid, M., Sarker, N.R., Siddiki, M.S.R., Islam, M.Z., Islam, M.A., 2019. Buffalo Milk Yield, Quality, and Marketing in Different Agro-Climatic Districts of Bangladesh. *J. Buffalo Sci.* 8, 62–67.
- Rainard, P., Riollet, C., 2006. Innate immunity of the bovine mammary gland. *Vet. Res.* 37, 369–400.
- Raja, S.N., Carr, D.B., Cohen, M., Finnerup, N.B., Flor, H., Gibson, S., Keefe, F.J., Mogil, J.S., Ringkamp, M., Sluka, K.A., Song, X.-J., Stevens, B., Sullivan, M.D., Tutelman, P.R., Ushida, T., Vader, K., 2020. The revised International association for the study of pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain* 161, 1976–1982.
- Rasmussen, M.L.R., Prause, J.U., Toft, P.B., 2011. Phantom pain after eye amputation. *Acta Ophthalmol.* 89, 10–16.
- Rodríguez-González, D., Minervino, A.H.H., Orihuela, A., Bertoni, A., Morales-Canela, D.A., Álvarez-Macías, A., José-Pérez, N., Domínguez-Oliva, A., Mota-Rojas, D., 2022. Handling and physiological aspects of the dual-purpose water buffalo production system in the Mexican humid tropics. *Animals* 12, 608.
- Rosa, D., Napolitano, F., Saltalamacchia, F., Bilancione, A., Sabia, E., Grasso, F., Bordi, A., 2007. The effect of rearing system on behavioural and immune responses of buffalo heifers. *Ital. J. Anim. Sci.* 6, 1260–1263.
- Şahin, A., Yıldırım, A., 2014. Mandalarda mastitis olgusu. *Turkish J. Agric. - Food Sci. Technol.* 3, 1.
- Schmidt, S., Gerber, D., Soley, J., Aire, T., Boos, A., 2006. Histo-morphology of the uterus and early placenta of the African Buffalo (*Syncerus caffer*) and comparative placental morphology of the African buffalo and cattle (*Bos taurus*). *Placenta* 27, 899–911.
- Schuenemann, G.M., Nieto, I., Bas, S., Galvão, K.N., Workman, J., 2011. Assessment of calving progress and reference times for obstetric intervention during dystocia in Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94, 5494–5501.
- Seegers, H., Fourichon, C., Beaudeau, F., 2003. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Vet. Res.* 34, 475–491.
- Shaheen, T., Bilal Ahmad, S., Rehman, M.U., Muzamil, S., Razak Bhat, R., Hussain, I., Bashir, N., Mir, M.U.R., Paray, B.A., Dawood, M.A.O., 2020. Investigations on cytokines and proteins in lactating cows with and without naturally occurring mastitis. *J. King Saud Univ. - Sci.* 32, 2863–2867.
- Sharma, A., Sindhu, N., 2007. Occurrence of clinical and subclinical mastitis in buffaloes in the State of Haryana (India). *Ital. J. Anim. Sci.* 6, 965–967.
- Sharun, K., Dhama, K., Tiwari, R., Gugjoo, M.B., Iqbal Yattoo, M., Patel, S.K., Pathak, M., Karthik, K., Khurana, S.K., Singh, Rahul, Puvvala, B., Amarpal, Singh, Rajendra, Singh, K.P., Chaicumpa, W., 2021. Advances in therapeutic and managemental approaches of bovine mastitis: a comprehensive review. *Vet. Q.* 41, 107–136.

- Siivonen, J., Taponen, S., Hovinen, M., Pastell, M., Lensink, B.J., Pyörälä, S., Hänninen, L., 2011. Impact of acute clinical mastitis on cow behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 132, 101–106.
- Singha, S., Ericsson, C.D., Chowdhury, S., Nath, S.C., Paul, O.B., Hoque, M.A., Boqvist, S., Persson, Y., Rahman, M.M., 2021. Occurrence and aetiology of subclinical mastitis in water buffalo in Bangladesh. *J. Dairy Res.* 88, 314–320.
- Streyl, D., Kenngott, R., Herbach, N., Wanke, R., Blum, H., Sinowatz, F., Wolf, E., Zerbe, H., Bauersachs, S., 2012. Gene expression profiling of bovine peripartal placentomes: detection of molecular pathways potentially involved in the release of foetal membranes. *REPRODUCTION* 143, 85–105.
- Tanamati, F., Stafuzza, N.B., Gimenez, D.F.J., Stella, A.A.S., Santos, D.J.A., Ferro, M.I.T., Albuquerque, L.G., Gasparino, E., Tonhati, H., 2019. Differential expression of immune response genes associated with subclinical mastitis in dairy buffaloes. *Animal* 13, 1651–1657.
- Tătaru, M., Stan, F., Martonoş, C.O., Gal, A., Mârza, S.M., Purdoiu, R.C., Lăcătuş, R., Damian, A., Şonea, C., Mireşan, V., Papuc, I., 2022. Morphology of the mammary gland in romanian buffalo. *Anat. Histol. Embryol.* 51,250-258. doi:10.1111/ahe.12785
- Thomas, C.S., Svennersten-Sjaunja, K., R Bhosrekar, M., Bruckmaier, R.M., 2004. Mammary cisternal size, cisternal milk and milk ejection in Murrah buffaloes. *J. Dairy Res.* 71, 162–168.
- Titler, M., Maquivar, M.G., Bas, S., Rajala-Schultz, P.J., Gordon, E., McCullough, K., Federico, P., Schuenemann, G.M., 2015. Prediction of parturition in Holstein dairy cattle using electronic data loggers. *J. Dairy Sci.* 98, 5304–5312.
- Uematsu, M., Sasaki, Y., Kitahara, G., Sameshima, H., Osawa, T., 2013. Risk factors for stillbirth and dystocia in Japanese Black cattle. *Vet. J.* 198, 212–216.
- Vázquez-Luna, D., Lara-Rodríguez, D.A., Ácar-Martínez, N.B., 2020. Búfalo de agua *Bubalus bubalis* parámetros zootécnicos en el sur de Veracruz, México. *Ganadería* 4–7.
- Wang, Y., Wu, C.M., Lu, L.M., Ren, G.W.N., Cao, X.Y., Shen, J.Z., 2008. Macrolide-lincosamide-resistant phenotypes and genotypes of *Staphylococcus aureus* isolated from bovine clinical mastitis. *Vet. Microbiol.* 130, 118–125.
- Weaver, S.R., Hernandez, L.L., 2016. Autocrine-paracrine regulation of the mammary gland. *J. Dairy Sci.* 99, 842–853.
- Yeiser, E.E., Leslie, K.E., McGilliard, M.L., Petersson-Wolfe, C.S., 2012. The effects of experimentally induced *Escherichia coli* mastitis and flunixin meglumine administration on activity measures, feed intake, and milk parameters. *J. Dairy Sci.* 95, 4939–4949.
- Young, I.R., Renfree, M.B., Mesiano, S., Shaw, G., Jenkin, G., Smith, R., 2011. The comparative physiology of parturition in mammals: hormones and parturition in mammals. In: Norris, D.O., Lopez, K.H. (Eds.), *Hormones and Reproduction of Vertebrates*. Academic Press, USA, pp. 95–116.
- Zaborski, D., Grzesiak, W., Szatkowska, I., Dybus, A., Muszynska, M., Jedrzejczak, M., 2009. Factors Affecting Dystocia in Cattle. *Reprod. Domest. Anim.* 44, 540–551.

