

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.

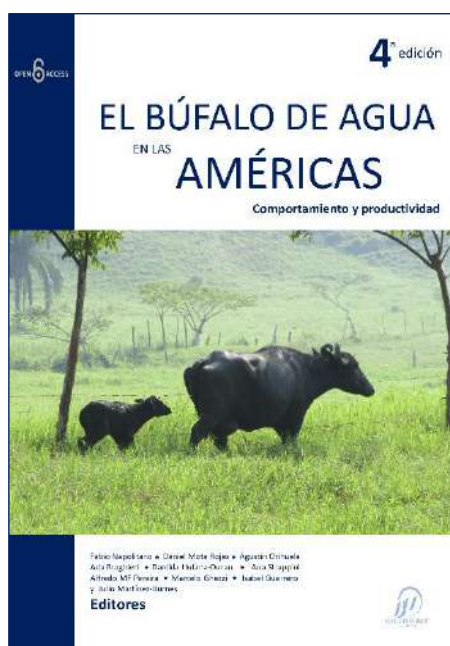
He was member of the editorial board of the journals “Animals” (MDPI), “Journal of Food Quality” (Hindawi), and “International Journal of Food Studies” (ISEKI_Food Association), Editor in chief of the third Edition of the book “[Water buffalo in the Americas](#)” and Editor in chief of the “[Journal 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 24

NEUROFISIOLOGÍA EN LA EYECCIÓN LÁCTEA EN LA BÚFALO DE AGUA: ORDEÑO Y USO DE OXITOCINA



EL BÚFALO DE AGUA EN LAS AMÉRICAS

4ª. Edición


B.M. EDITORES®
S.A. DE C.V.





CAPÍTULO 24

Neurofisiología en la eyeción láctea en la búfala de agua: ordeño y uso de oxitocina

Daniel Mota-Rojas¹, Fabio Napolitano², Ada Braghieri², Andrea Bragaglio³, Daniela Rodríguez¹, Danilda Hufana-Duran⁴, Patricia Mora-Medina⁵, Adolfo Álvarez-Macías¹, Pamela Anahí Lendez⁶, Emilio Sabia⁷, Adriana Domínguez¹, Joseline Jacome¹ y Marcelo Daniel Ghezzi⁸

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

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

³ Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi Dell'Economia Agraria (CREA), Research Centre for Engineering and Food Processing, Treviso, Italy.

⁴ Jefe de la Sección de Investigación en Reproducción y Fisiología del Departamento de Agricultura-Centro Carabao de Filipinas. Filipinas.

⁵ Departamento de Ciencias Pecuarias. Universidad Nacional Autónoma de México. FESC. México.

⁶ Facultad de Ciencias Veterinarias, Centro de Investigación Veterinaria (CIVETAN), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), CONICET-CICPBA, Tandil, Argentina.

⁷ Faculty of Science and Technology, Free University of Bozen-Bolzano, Bolzano, Italy.

⁸ Área Bienestar Animal-Producción Bovinos-Bufalinos, en la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCIÓN

La leche bufalina ha cobrado prestigio en diversas áreas del mundo debido a sus propiedades como alimento para consumo humano, ya que se trata de un producto de alta calidad, con un elevado contenido de grasa (promedio de 7 a 8%). Además, se puede obtener con recursos limitados y en condiciones ambientales en las que otras especies productoras de leche disminuirían su rendimiento (Mota-Rojas et al., 2019; Mota-Rojas et al., 2021; Napolitano et al., 2022; Mota-Rojas et al., 2022). Adicionalmente, registra un óptimo rendimiento industrial, al transformarse en derivados como queso, crema o mantequilla (Barboza-Jiménez, 2011; Bertoni et al., 2019; Ghezzi et al., 2020; Mota-Rojas et al., 2020a,b; Napolitano et al., 2022; Rodríguez-González et al., 2022a,b). Lo anterior ha permitido consolidar la población bufalina alrededor del mundo que, en 2018, ascendió a

206 millones de cabezas, de las cuales el 97.57% se ubica en el continente Asiático (FAO, 2018).

En especial, la leche de búfala ha sido referente como un alimento valioso para consumo humano y en los últimos años se ha posicionado como la segunda leche más consumida en el mundo con el alrededor del 15% del suministro total en 2020 (OCDE-FAO, 2021). En este sentido, el conocimiento sobre las características anatómicas, conductuales, adaptativas, productivas y reproductivas específicas de la búfala de agua resultan cruciales para lograr un manejo ganadero adecuado y se pueda alcanzar éxito con la misma (Crudeli et al., 2016; Bertoni et al., 2020a; Mota-Rojas et al., 2022; Napolitano et al., 2022).

Lo anterior ha llevado a diversos investigadores a profundizar sus conocimientos en la producción bufalina enfocada a la obtención de leche, abarcando desde la descripción anatómica de la glándula mamaria y neurofisiología en la eyección láctea con las ventajas y desventajas que presenta, para lo cual resulta necesario el conocimiento y seguimiento de los factores que impactan en la capacidad de ordeño de las búfalas de agua con el objetivo de eficientizar procesos y reducir tanto tiempo de ordeña como los costos de la misma (Boselli et al., 2016; Mora-Medina et al., 2018; Mota-Rojas et al., 2019; Bertoni et al., 2020b; Mota-Rojas et al., 2021; Mota-Rojas et al., 2022; Napolitano et al., 2022).

Dentro de las desventajas analizadas en este documento se observa un mayor tiempo de estimulación previo a la bajada de leche durante la ordeña, incluyendo estrategias para disminuir el tiempo destinado a esta actividad que demanda un aproximado del 50% del tiempo de trabajo en unidades lecheras, tales como apoyo del becerro en pie, alimentación durante la ordeña, estimulación táctil, visual y auditiva por medio de masajes suministrados por el ordeñador o el brindar un ambiente relajante a las búfalas, evitando la emisión de sonidos intensos que puedan desencadenar la síntesis y secreción de adrenalina a torrente sanguíneo que inhiba la circulación de oxitocina (Boselli et al., 2020).

Además de estas estrategias, ha surgido el uso de oxitocina exógena administrada previo al proceso de ordeña, pero que resulta controversial debido a los reportes contrastantes sobre su impacto en parámetros productivos y reproductivos a corto y largo plazos (Cavallina et al., 2008; Faraz et al., 2021, 2020).

Por ello, el presente capítulo se plantea con el objetivo de describir las características anatómicas y la ruta neurofisiológica que permite la eyección láctea, identificando los factores que limitan o favorecen una correcta bajada de leche permitiendo el flujo lácteo durante la ordeña, poniendo énfasis en los hallazgos respecto al uso de oxitocina exógena como a la estimulación previa al ordeño para lograr un vaciado completo de la ubre.

LA GLÁNDULA MAMARIA Y LA BAJADA DE LECHE

La glándula mamaria (GM) está compuesta principalmente por células epiteliales y adipocitos, esta es de origen exocrino y sebáceo (Truchet y Honvo-Houéto, 2017), siendo la responsable de producir y secretar calostro y leche durante la lactancia (Colleluori et al., 2021). Lo anterior con el objetivo de alimentar y nutrir al neonato desde las primeras horas de vida con calostro, etapa esencial para la transferencia de inmunidad pasiva (Stelwagen

et al., 2009), además de contener nutrientes necesarios en la supervivencia del neonato como proteína, grasa, vitaminas y minerales, entre otros (Coroian et al., 2013; McGrath et al., 2016). Posteriormente se observan modificaciones en el proceso de lactogénesis en GM realizando una transición de calostro a leche y disminuyendo la cantidad de inmunoglobulinas de manera gradual (Ashmawy, 2015), debido a las necesidades de la cría conforme crece, pero la leche sigue brindando al becerro los nutrientes para mantener un estado de bienestar alto y proseguir su crecimiento (Furman-Fratczak et al., 2011; McGee y Earley, 2019; Bertoni et al., 2020b). De esta forma, además de los cambios composicionales de su secreción, la GM sufre diversas modificaciones durante la vida productiva del búfalo de agua, relacionados con su desarrollo: pubertad, inicio del ciclo reproductivo, gestación, parto, lactancia y, por último, la involución por la presencia del periodo seco, propiciando modificaciones anatómicas, fisiológicas, bioquímicas y neuroendocrinas (Park et al., 2013). Esta glándula está formada por cuatro compartimentos sostenidos por un ligamento suspensorio en el abdomen, que a su vez están constituidos por un cuerpo glandular y un pezón (Bertoni et al., 2021b; Tătaru et al., 2022), de los cuales se ha observado que los cuartos craneales se encuentran mayormente desarrollados, aportando más del 50% de la producción total de leche (Mota-Rojas et al., 2019; Olmos-Hernández et al., 2020; Mota-Rojas et al., 2021; Mota-Rojas et al., 2022; Napolitano et al., 2022). La GM de las búfalas de agua respecto a la de bovinos tradicionales del género *Bos*, presenta características especiales como un canal del pezón más estrecho, una capa muscular del esfínter más gruesa, con una mayor cantidad de vasos sanguíneos y fibras nerviosas, así como un esfínter más cerrado (**Figura 1**) (Borghese et al., 2013).

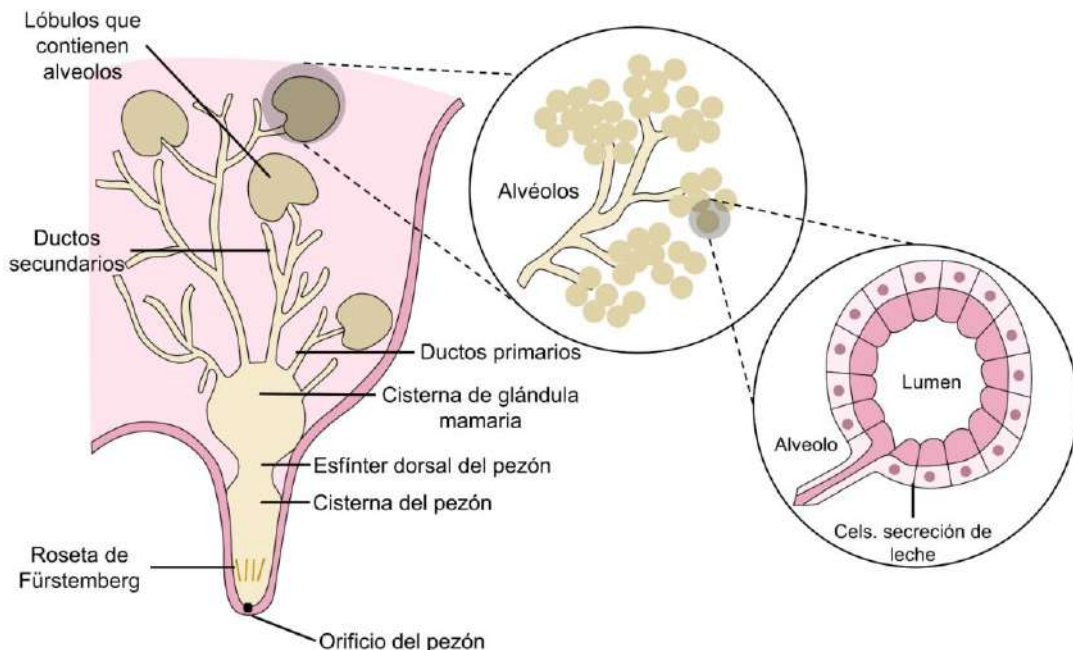


Figura 1. Anatomía de glándula mamaria de la búfala de agua. Corte sagital de un complejo mamario, sistema de lóbulos con sus alveolos, alveolo glandular aumentado y conductos de excreción y almacenamiento de la leche (Mota-Rojas et al., 2019; Mota-Rojas et al., 2021; Mota-Rojas et al., 2022; Napolitano et al., 2022).

Estas características generan ventajas productivas como un menor riesgo a patologías como mastitis (El-Khodery y Osman, 2008), sin embargo, también se han detectado inconvenientes productivos como la relación del área de la cisterna de la GM y la alveolar (proporción 80-20 respectivamente), que prácticamente se soluciona por medio de estrategias como una mayor estimulación y, a su vez, con métodos para optimizar el tiempo de ordeña, mejorando los picos dentro de la curva de lactación y, por ende, las ganancias económicas (Espinosa et al., 2011; Bertoni et al., 2020a,b), como se explicará a lo largo de este texto.

Capacidad de ordeño y curva de lactación influenciadas por características anatómicas

La ordeñabilidad o capacidad de ordeño es la facultad de eyectar leche en respuesta a una técnica de ordeño adecuada (Boselli et al., 2016). En efecto, los cuidados y atención permiten eficientar los procedimientos de ordeño, reduciendo así los costos dentro de una unidad de producción lechera, además de mantener en constante observación las características productivas y los parámetros técnicos del manejo del ordeño (Guler et al., 2009; Bertoni et al., 2020a; Bertoni et al., 2021; Mota-Rojas et al., 2022).

Se ha estimado que el 50% del tiempo de trabajo en una unidad de producción lechera se destina a la ordeña, por ende, es necesario identificar las características que impactan en la optimización del proceso con un inicio de estimulación, eyección láctea, curva de flujo de leche sin interrupciones y su duración (Guler et al., 2009; Borghese et al., 2013), con la meta de no permitir la subordeña ni una sobreestimulación en la ubre que le propicie lesiones. Por tanto, la ordeñabilidad se encuentra íntimamente relacionada con la curva de flujo de leche y los datos duros en la curva de lactación.

La curva de flujo de leche en la búfala lechera presenta diferentes fases, entre las cuales se observa una primera de bajada de leche, desde la estimulación hasta obtener un flujo constante de eyección láctea; posteriormente se detecta una fase de meseta con un flujo constante hasta entrar a una fase decreciente y, por último, una fase ciega, en la cual se finaliza la eyección e idealmente se logra el vaciado de la fracción cisternal y alveolar de la ubre (Boselli et al., 2016). Debido a las características propias del complejo mamario bufalino se tiene una mayor resistencia por las paredes musculares del pezón (Bruckmaier and Hilger, 2001; Thomas et al., 2004; Bertoni et al., 2020a; Ghezzi et al., 2020) requiriendo mayor vacío en la ordeña mecánica para la apertura del canal del pezón y el inicio de la fase de meseta o un ordeño manual mucho más monitorizado que en otras especies.

Por lo anterior es necesario prestar especial atención a la maquinaria utilizada durante el ordeño, además de una estimulación previa debido a que un retraso en la eyección láctea tiende a reducir el grado de ordeñabilidad (Bertoni et al., 2020a). Esta característica también puede verse perturbada por la anatomía de cada búfala, la etapa de lactancia por la cual atraviesan, el número de parto, la conformación de la ubre y la raza (Bruckmaier and Hilger, 2001; Borghese et al., 2007; Bertoni et al., 2020a; Boselli et al., 2020; Costa et al., 2020).

Respecto al número de parto, Patel et al. (2017), analizaron el tiempo de ordeña, poniendo especial atención al tiempo que pasó desde la estimulación aplicada a búfalas Mahesana hasta la bajada de leche, encontrando que a mayor número de partos se disminuye el tiempo de estimulación hasta la bajada de leche. En este estudio se analizaron hembras de primera (L1), segunda(L2), tercera (L3) y cuarta lactancia(L4), observando un tiempo máximo de 71.15 segundos en la L1 vs un tiempo mínimo de 56.65 segundos animales que atravesaban su L4, con una disminución gradual conforme se agregaba un número de parto de 3 a 10% entre cada parto, con diferencias significativas entre cada lactancia ($P < 0.01$).

En lo concerniente a la raza, su impacto en la ordeñabilidad y curva de lactación, en búfalas Mediterráneas italianas presentan porcentajes de fracciones cisternales diferentes (7.6%) (Ambord et al., 2009) con respecto a la raza Murrah (4.9%) (Thomas et al., 2004), generando a su vez un impacto en el tiempo de preestimulación brindado a las búfalas, hasta observar la eyección de la leche.

En relación con las curvas totales de lactación y la ordeñabilidad, se ha reportado un tiempo de ordeño promedio de 11.29 minutos (Boselli et al., 2016), destacándose que este tiempo se puede alargar cuando no se realiza una estimulación previa. Respecto al tiempo de estimulación, en raza mediterránea se reportan 133 ± 14 segundos (Borghese et al., 2007) y 105 a 99.6 segundos de acuerdo con el horario de ordeña (mañana vs tarde) (Boselli et al., 2004); en raza Murrah se ha reportado de 69 a 154 segundos con diferencias adjudicadas al tipo de alimentación brindada a cada grupo y el horario en el cual se realizaba la ordeña (Thomas et al., 2004).

De manera general se reporta que el tiempo de ordeña puede aumentarse de 3 a 7 minutos para apreciar la eyección láctea o inclusive ausentarse cuando no se brinda una estimulación a la ubre de la búfala (Borghese et al., 2007). En cuanto a la curva de lactación los valores reportados son de 240 días a 270 días (Gutiérrez-Valencia et al., 2006; Vázquez-Luna, 2018; 2020; Bertoni et al., 2020a,b; Rodríguez-González et al., 2022a,b) con una producción diaria que rondan entre los 4 y 5 kg en búfalos de raza mediterránea (dato influenciado por el tipo de producción, ordeñabilidad y método de ordeña) (Caria et al., 2012; Bertoni et al., 2019; Rodríguez-González et al., 2022; Napolitano et al., 2022a,b) y una producción total de 1300 a 4500 litros por lactancia (Tonhati et al., 2003).

Frecuencia de mastitis en búfalas de agua y su relación con la anatomía de glándula mamaria

La mastitis es causada principalmente por infecciones bacterianas y fúngicas, manifestándose como un incremento en el conteo total de células somáticas (Urbańska et al., 2021), además es una de las enfermedades más frecuentes en la producción lechera de grandes y pequeños rumiantes (De Rosa et al., 2009; Mota-Rojas et al., 2019), que se puede expresar en forma clínica o subclínica (Burvenich et al., 2003). En el primer caso puede ser diagnosticado con cambios físicos en leche, apareciendo coágulos, y con inflamación en los cuartos de la GM (Seegers et al., 2003). La presentación subclínica requiere mayor atención al no presentar signos aparentes, además de tener una mayor prevalencia (Sharun et al.,

2021); ambas tienen repercusiones económicas considerables, por ejemplo, en ganado bovino Holstein bajo condiciones tropicales Guimarães et al. (2017) encontraron impactos de US\$19,132.35 por mastitis durante 11 meses con el análisis de 142 hembras en ordeña, relacionándose con el sacrificio de vacas (39.4%) y el decremento en la producción láctea por la presentación clínica (18.2%) y subclínica (32.3%).

En búfalas se ha reportado que dentro de la industria ganadera Pakistaní la mastitis es la patología que genera mayores pérdidas económicas, con un 11% de prevalencia en la evaluación de 928 ejemplares (Fareed et al., 2016). En este sentido, se ha indicado que los principales microorganismos involucrados son *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus agalactiae* (El-Khodery y Osman, 2008), estafilococo y estreptococo causantes de infecciones intramamarias con repercusiones por el descarte de leche debido a un incremento en el conteo de células somáticas (Lakshmi Kavitha et al., 2009; Mota-Rojas et al., 2019). Lakshmi et al. (2009) reportaron una prevalencia del 3.1% de mastitis clínica del y 1.7% con mastitis subclínica con impactos en el recuento de células somáticas, identificando factores de riesgo tales como, número de parto (a mayor paridad mayor propensión), además de presentarse mayormente esta patología durante la primera etapa de la lactancia, la última parte del periodo seco y en animales más productivos así como por el tipo de cama usado con las búfalas, teniendo mayor repercusión las de concreto y tierra.

Sharma y Shindhu (2007) realizaron un muestreo para diagnósticas mastitis en búfalas raza Murrah y reportaron que 51.6% de las muestras de fueron positivas, de las cuales 36.3% tuvo una presentación clínica y 63.7% subclínica. En ambos casos la mayoría de los agentes causales identificados fueron *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus agalactiae*, microorganismos contagiosos causantes de la presentación aguda de mastitis con cambios negativos en el tejido mamario, impactando en el bienestar de los animales y con efectos sobre las características de la leche (Burvenich et al., 2003; Rainard and Riollot, 2006; de Boyer des Roches et al., 2017; Bertoni et al., 2019; Napolitano et al., 2022).

En este sentido y reconociendo que esta patología tiene efectos en unidades de producción láctea alrededor del mundo, se ha observado que debido a las diferencias morfofisiológicas del complejo mamario presente en búfalas, registrando una menor prevalencia con respecto a bovinos convencionales *Bos taurus* y *Bos indicus* (Guccione, 2017) ya que, como se ha expuesto previamente, las primeras presentan pezones más largos con canales estrechos que sirven como barrera que obstruye la entrada y posterior proliferación de microorganismos (Fagiolo y Lai, 2007; Bertoni et al. 2020b).

Pese a estas ventajas anatómicas, es necesario el reconocimiento de las prácticas que propician la presencia de mastitis en búfalas, tales como las inadecuadas rutinas de los operadores durante la ordeña manual y mecánica, como el uso de pezoneras con un inadecuado mantenimiento, deficientes prácticas de limpieza y desinfección y el vaciado incompleto de la ubre (Burvenich et al., 2003; Cavallina et al., 2008; De Rosa et al., 2009;

Mota-Rojas et al., 2019; Mota-Rojas et al., 2021; Mota-Rojas et al., 2022; Rodríguez-González et al., 2022a,b; Napolitano et al., 2022).

NEUROFISIOLOGÍA DE LA EYECCIÓN LÁCTEA

Después de la producción de leche por las células acinares mamarias ésta se almacena en los acinos de la ubre; en las búfalas se ha estimado que entre el 92 y 95% de la leche se encuentra en el compartimento alveolar y alrededor del 5% se almacena en la cisterna, en contraste con las vacas lecheras en donde hasta el 20% de la leche se mantiene en la cisterna siendo eyectada antes de la contracción del tejido que desencadena la bajada láctea mediada por oxitocina (Bidarimath y Aggarwal, 2007; Cavallina et al., 2008; Bertoni et al., 2020b; Bertoni et al., 2021; Napolitano et al., 2022).

La eyección láctea es un reflejo neuroendocrino innato que responde a la estimulación táctil de los pezones, al activar los receptores sensibles a la presión que estimulan a través del canal inguinal a los nervios lumbares que están conectados por las raíces dorsales de la médula espinal (Dùidić, 2004; Mota-Rojas et al., 2019; Mota-Rojas et al., 2021; Mota-Rojas et al., 2022; Napolitano et al., 2022). De allí se transmite la señal que estimula los núcleos supraóptico (SON) y paraventricular (PVN) del hipotálamo, lo cual a su vez activa a la neurohipófisis para liberar oxitocina desde sus terminales axónicas hacia la circulación (Cosenza et al., 2007), alcanzando sus receptores en la GM que promueven la contracción de las células mioepiteliales en el tejido alveolar y conductos mamarios promoviendo así la contracción de los alvéolos. De esta forma aumenta la presión intraalveolar, seguido del acortamiento y engrosamiento de los conductos del complejo mamario por la contracción de las células epiteliales, de tal manera que la resistencia al flujo de leche disminuye, dando lugar a la movilización de la leche alveolar hacia el compartimento cisternal y, posteriormente, al pezón para su expulsión (**Figura 2**) (Crowley y Armstrong, 1992; Bruckmaier, 2005; Akhtar et al., 2012; Faraz et al., 2020; Kamikawa y Seko, 2020; Bertoni et al., 2020b; Rodríguez-González et al., 2022a,b).

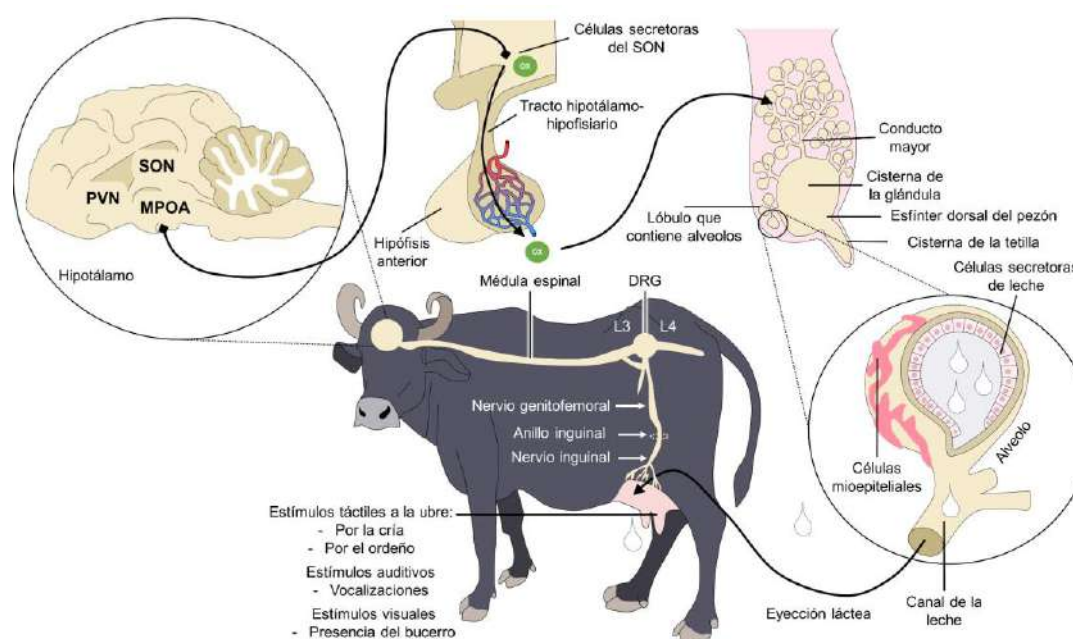


Figura 2. Neurofisiología de la eyección de leche en la búfala de agua. Los estímulos táctiles en la GM son transformados en impulsos nerviosos y transmitidos por el nervio inguinal hasta el anillo inguinal donde se continúa como nervio genitofemoral cuyas raíces ingresan en el par lumbar 3° y 4° (L3 y L4) hasta el ganglio de la raíz dorsal (DRG) donde el impulso se modula y es transferido por vía ascendente hacia los núcleos cerebrales del hipotálamo (PVN y SON) para la síntesis de la oxitocina (Ox) hasta su liberación y almacenamiento en neurohipófisis para su posterior secreción a torrente sanguíneo con destino a receptores de Ox en GM para contraer células del tejido alveolar y propiciar la eyección de la leche. MPOA: área preóptica media; PVN: núcleo paraventricular; SON: núcleo supraóptico (Mota-Rojas et al., 2019; Mota-Rojas et al., 2021; Mota-Rojas et al., 2022).

En conjunto con la oxitocina son secretadas la prolactina y el cortisol; la primera en conjunto con la hormona del crecimiento influye en la síntesis de la leche, sin embargo, el papel del cortisol no se ha dilucidado por completo. Es importante subrayar que para una eliminación oportuna de la leche se requiere que sus concentraciones se eleven sobre los niveles basales, lo cual se puede favorecer por una serie de procedimientos antes de la ordeña con el fin de inducir un pre-estímulo que facilite la liberación de oxitocina y, por ende, la eyección láctea. Si este proceso resulta disfuncional, se tiene la opción de recurrir a la aplicación de oxitocina exógena (Thomas, 2004).

Thomas et al., (2004) investigaron el rol de la oxitocina en la eyección láctea en seis búfalas Murrah, las cuales fueron divididas en tres grupos: 1) ordeño sin pre-estimulación, 2) estimulación previa de un minuto y 3) pre-estimulación con alimentación simultánea. Se detectó que la eyección ocurrió significativamente antes ($P < 0.05$) en el tratamiento 3 (2.50 min) que en el tratamiento 2 (5.10 min) y 1 (6.33 min), pero en los tres tratamientos se observó un aumento de $>3-5$ ng/l de la concentración de oxitocina durante la eyección.

Esto último se relacionó con el tiempo necesario para alcanzar la concentración plasmática de oxitocina, el cual fue significativamente menor ($P < 0.05$) con concentraciones mayores de oxitocina en el grupo 3 con 96.8 ng/L, entre los minutos 2 y 8 minutos en comparación con el tratamiento 2 y 3 en los cuales el tiempo osciló entre los minutos 1 y 16, logrando una concentración de solo 37.7 y 16.3 ng/L respectivamente. De igual forma, se reportó que durante la ordeña la oxitocina aumentó 10 veces su concentración sobre sus niveles basales en la ordeña mecánica en el tratamiento 3 en comparación con los demás tratamientos. Estos datos concuerdan con otros estudios en los que se ha determinado que los niveles basales de oxitocina oscilan entre los 4.8 a 6.7 ng/L, pero su concentración máxima puede alcanzar los 90 ng/L, así como un tiempo de latencia en la eyección de 2 a 10 minutos post estimulación manual. Por ello, en la búfala de agua son considerados tiempos de ordeño más largos (Borghese et al., 2007), debido a sus características morfológicas, principalmente porque el esfínter muscular que rodea el canal del pezón es más grueso que en bovinos (Caria et al., 2011).

Lo descrito anteriormente pone de relieve la relación presente entre las concentraciones de oxitocina y la eyección láctea, así como la importancia de la estimulación de los pezones antes del ordeño y el suministro de alimentos. En efecto, según Bruckmaier y Hilger (2001), la concentración de oxitocina puede mantenerse o aumentar en respuesta al estímulo en el pezón favoreciendo la eyección de la leche y presentar cambios de acuerdo a la fase productiva en la cual se encuentre la hembra.

Algunos autores mencionan que el reflejo de eyección es parecido en bovinos y búfalos lecheros, con un vaciado constante y completo en la ubre y dependerá de la secreción de oxitocina durante todo el proceso de ordeña. Sin embargo, debido a que ambas especies muestran diferencias morfológicas puede haber ciertas particularidades en la eyección de la leche en ganado bufalino que deben ser consideradas con el fin de eficientar el ordeño (Bava et al., 2007). Por ejemplo, adaptar el nivel de vacío, frecuencia de pulsación, y proporción durante el ordeño mecánico (Bertoni et al., 2020b), así como la estimulación prolongada del pezón antes de colocar la pezonera (Bava et al., 2007).

Alteraciones en la eyección láctea

La eyección láctea puede verse afectada a nivel central o periférico. A nivel central por la deficiente liberación de oxitocina por la neurohipófisis, la cual parece resolverse con la administración de oxitocina exógena en cantidades suprafisiológicas antes o durante el ordeño (Belo y Bruckmaier, 2010). Se ha registrado que a búfalas con niveles inestables de oxitocina suelen administrarles 20 UI y a los 10 minutos la leche comienza a fluir (Boselli et al., 2014). Sin embargo, pueden detectarse alteraciones a nivel periférico, con concentraciones normales de oxitocina, pero la respuesta de los receptores de oxitocina en la GM es inadecuada y esta alteración no se resuelve con oxitocina exógena (Bruckmaier y Wellnitz, 2008).

La inhibición central de la secreción de oxitocina se asocia a diferentes factores como el cambio de la lactancia a la máquina de ordeño, un entorno desconocido o el celo que

culminan en la liberación de b-endorfina que inhibe la liberación de oxitocina y, por ende, la eyección de leche (Wellnitz y Bruckmaier, 2001). En efecto, los búfalos son sensibles a los cambios en las prácticas de ordeño así como a cambios en el medio ambiente, por lo que si se encuentran estresados, asustados o con dolor liberan adrenalina, la cual interfiere con los impulsos nerviosos en el SON y PVN y, por consiguiente, la liberación de oxitocina (Dúdić, 2004). Aunque también la adrenalina puede bloquear los receptores de oxitocina en las células mioepiteliales alveolares e induce una vasoconstricción en los vasos sanguíneos, dificultando el abastecimiento de oxitocina a la ubre (Borghese et al., 2007). Esto, en conjunto con la estimulación deficiente antes del ordeño, pueden resultar en una eyección de leche retrasada y un flujo de leche bimodal, el cual consiste en la interrupción del flujo de leche después de la extracción de la leche cisternal pero antes de la bajada de la leche alveolar a la misma durante la fase de inclinación, dando como resultado una ordeña deficiente, problemas de salud en los pezones y una disminución en la producción láctea (Erskine et al., 2019).

La eyección tardía de la leche repercute en la salud de la ubre, provocando que el vacío del ordeño entre a la cisterna, el flujo sanguíneo se interrumpa, permitiendo la entrada de aire y la exposición bacteriana en los extremos de los mismos (Moore-Foster et al., 2019).

Así mismo, se prevé que ante el desarrollo de una eyección de leche retrasada por prácticas de ordeño inadecuadas se pueda observar un aumento en la concentración del inhibidor de la retroalimentación de la lactancia (FIL) en los alvéolos, provocando una disminución en la secreción de leche (Borghese et al., 2007), ya que esta glicoproteína es capaz de bloquear la biosíntesis de las proteínas lácteas. Además, induce apoptosis en las células epiteliales mamarias y reduce la sensibilidad de las mismas a la prolactina al disminuir el número de sus receptores, provocando así una baja en la secreción de leche (Lollivier et al., 2002).

FACTORES QUE CONDICIONAN LA CAPACIDAD DE ORDEÑO EN BÚFALAS DE AGUA

La capacidad de ordeño se refiere a la aptitud de un animal para llevar a cabo una secreción regular, completa y rápida de leche en respuesta a prácticas de ordeño adecuadas, por lo que es importante el monitoreo continuo para eficientar procedimientos y controlar los costos de producción, ya que más del 50% del tiempo laboral es dedicado a la ordeña, lo que suele condicionar las utilidades de los productores (Boselli et al., 2020; Bertoni et al., 2021). Comúnmente se utilizan curvas de producción láctea para evaluar la adaptación al tipo y rutina de ordeño por parte de las búfalas (Rodríguez-González et al., 2022; Napolitano et al., 2022), las cuales están influenciadas por aspectos anatómicos fisiológicos, el manejo y la salud de la ubre (Boselli et al., 2020).

Se ha descrito la producción láctea en cuatro fases importantes, la fase del incremento es la primera y es donde se estimulan las células mioepiteliales alveolares para inducir la eyección láctea desde los alvéolos hasta el canal del pezón en donde inicia la segunda fase, denominada fase de meseta, en la que se observa un flujo constante de leche llegando al

pico de eyección seguido de la fase tres, o fase decreciente, en donde la salida de leche disminuye culminando así en la fase final o ciega, en la cual la bajada de leche cesa (Lollivier et al., 2002; Rodríguez-González et al., 2022a,b).

La rutina pre ordeño influye directamente en el reflejo de la eyección láctea, en la cual se ha observado que el contacto con la cría, el amamantamiento, la alimentación, así como la estimulación manual y mecánica con cepillos giratorios o pulsaciones fungen como factores estimulantes que mejoran la secreción de oxitocina y, por ende, se optimiza el tiempo de ordeño (Espinosa et al., 2011; Watters et al., 2015). Incluso algunos autores mencionan que en vacas lecheras la simple colocación de las pezoneras sin pulsación es suficiente para inducir la liberación de oxitocina (Weiss y Bruckmaier, 2005).

Las vacas lecheras Holstein presentan una cisterna de gran volumen en comparación con las búfalas, por lo que la pre-estimulación parece tener menos relevancia, sin embargo, en búfalos es de suma importancia ya que si las cisternas están vacías antes de la eyección el ordeño se realizará en pezones vacíos lo que provoca la entrada del vacío de ordeño y posible colapso de las cavidades. Por ello, es necesaria la estimulación previa con el fin de inducir oportunamente la eyección láctea y evitar la interrupción del flujo de leche durante el ordeño temprano (Bruckmaier y Wellnitz, 2008).

Presencia del becerro durante la ordeña

Se ha demostrado que la presencia de los terneros durante el ordeño manual puede facilitar la estimulación somatosensorial necesaria para la eyección de leche, ya que suscita una serie de estímulos visuales, sensoriales y olfativos para inducir la bajada de leche (**Figura 3**) (Mora-Medina et al., 2018; Rodríguez-González, et al., 2022b; Napolitano et al., 2022). Por ejemplo, en 24 búfalas Murrah fue evaluado el efecto del becerro en pie encontrando un tiempo medio de bajada de leche menor en el grupo con apoyo de becerro en pie vs. sin becerro (1.87 ± 0.13 min vs 3.09 ± 0.26 min respectivamente) y una mayor producción de leche diaria (9.11 ± 0.16 kg vs 6.74 ± 0.40 kg) ($P < 0.01$), así como una tasa de flujo de leche más alta (1.058 ± 0.08 kg/min vs 0.816 ± 0.09 kg/min) ($P < 0.05$) favoreciendo un menor tiempo de ordeño en el grupo que usaba a la cría en pie como apoyo durante la ordeña manual (Singh et al., 2017).



Figura 3. Presencia de becerro durante la ordeña, factor identificado como estímulo positivo visual, táctil y auditivo para un adecuada bajada de leche.

En algunos países como India y Pakistán, en donde se lleva a cabo la ordeña manual, se ha aplicado una técnica que consiste en permitir a los becerros amamantar durante un par de minutos antes de cada ordeño para iniciar la eyección de leche. En este sentido Oliveira et al. (2017) menciona que cualquier tipo de amamantamiento, ya sea filial o no, propicia un efecto positivo en la producción diaria y total de leche, sin embargo, esta técnica no puede ser aplicada en aquellas búfalas donde se utilizan otros estímulos. Así mismo, existen controversias sobre este proceso, ya que algunos autores sustentan que la presencia del becerro reduce la excreción materna de prolactina y, por ende, la producción y eyección de leche (Borghese et al., 2007).

Alimentación durante el ordeño

Se ha registrado que ante alteraciones durante la eyección láctea y la terminación rápida de la lactancia los productores recurren a la alimentación concentrada como pre estimulante (65%) frente al uso de oxitocina exógena (13%) (Thomas, 2004), ya que se ha demostrado que en búfalas Murrah la eyección láctea se favorece por la pre estimulación manual y alimentación que culminan en una liberación más rápida y pronunciada tanto de oxitocina como de prolactina (Borghese et al., 2007), con efectos positivos en el flujo de la leche (Thomas et al., 2004). Thomas et al. (2005) reportan que en búfalas Murrah alimentadas con 0.75 kg de concentrado, en conjunto con una pre-estimulación táctil mediante el lavado y secado de los pezones, presentan mejores condiciones durante el ordeño ya que presentan una concentración de oxitocina de 3.6 veces sobre los niveles basales durante la pre estimulación y durante el ordeño mecánico aumentan hasta 10 veces más en comparación con la no estimulación y la estimulación sin alimentación. Además de

presentar una tasa de flujo de leche significativamente ($P < 0.05$) mayor y menor concentración de cortisol ($3.7 \mu\text{g/l}$ vs. $4.8 \mu\text{g/l}$) en comparación con las búfalas que solo fueron pre estimuladas táctilmente. Estas evidencias podrían indicar que el uso en conjunto de diferentes estímulos incrementa la productividad láctea y disminuye los factores estresantes que podrían repercutir en la eyección láctea y bienestar de la búfala.

Estimulación manual y auditiva (música)

La estimulación manual de los pezones parece ser importante para activar las funciones secretoras en todas las especies lecheras (Ambord et al., 2010). En las vacas se ha informado que la estimulación táctil durante 10 a 20 segundos es suficiente para inducir la secreción de oxitocina y la eyección láctea, sin embargo, en búfalas de agua (*Bubalus bubalis*) es posible que se requiera una estimulación de hasta por dos minutos, por las diferencias morfológicas de la ubre. De igual forma, se ha registrado un tiempo de latencia desde el inicio de la estimulación hasta la eyección completa de entre 60 a 120 segundos en vacas (Borghese et al., 2007) pero en búfalas alcanza hasta los 3 minutos (Boselli et al., 2014).

Costa et al. (2020), en 38 búfalas de agua del Mediterráneo ordeñadas mecánicamente, observaron la influencia de la estimulación manual (EM) durante 1 a 2 minutos, el efecto de la oxitocina exógena como estimulante y la no estimulación antes del ordeño con los cambios morfológicos del pezón. Encontraron que el canal del pezón era más corto ($P < 0.001$) por la EM y oxitocina frente a la no estimulación; que el diámetro de la cisterna fue mayor para EM pero menor para oxitocina, pero el grosor de la pared del pezón fue mayor para la estimulación con oxitocina pero menor para EM aunque no fue significativo, lo que indica que la estimulación previa induce cambios morfológicos en los pezones como en la longitud en su canal favoreciendo la ordeña. Al respecto, Boselli et al., (2014) reportaron una disminución significativa ($P < 0.01$) del 23.1% de la longitud del pezón inducida por una pre estimulación de 2 minutos del pezón, así como cambios en el espesor de la pared del mismo con una disminución ($P < 0.001$) del 9.28% y 18.56% ante la estimulación manual durante 2 y 3 minutos respectivamente en búfalos italianos mediterráneos.

De igual forma, se ha documentado que la estimulación manual influye favorablemente en la incidencia de la eyección tardía y en el tiempo hasta la eyección, ya que se observó que tras la estimulación durante tres minutos con una rutina que involucra la limpieza del pezón y la ubre con toallas húmedas se apreció el flujo de leche inmediatamente después de la colocación de las pezoneras previo al ordeño, sin ninguna interrupción hasta el final del proceso (**Figura 4**) (Ambord et al., 2010). Sin embargo, la pre estimulación manual requiere de mucho tiempo lo que repercute en el rendimiento en la sala de ordeño, ya que disminuye el número de ejemplares por ordeñador por hora, es por ello que la pre estimulación con pulsaciones de la máquina de ordeño podría ser una alternativa (Tangorra et al., 2017).



Figura 4. Estimulación manual y auditiva durante la ordeña. **A.** Estimulación manual del ordeñador mediante masajes para propiciar una adecuada bajada de leche. **B.** Presencia de becerro en donde se tiene una estimulación táctil y auditiva previa al ordeño.

Por otra parte, se ha propuesto que para mitigar los efectos de la neofobia asociada al ordeño la exposición a ruidos pregrabados comunes en la sala de ordeño como el ruido de la maquinaria, del animal, de los humanos y la música funge como una buena alternativa para habituar a los ejemplares al ordeño con el fin de atenuar los problemas en la eyección láctea (Arnold et al., 2007). En un estudio en vacas lecheras sometidas a estímulos auditivos con música se detectó un acercamiento voluntario a los compartimientos de ordeño (Uetake et al., 1997), de igual forma Ciborowska et al. (2021) mencionan que la música funge como un estímulo ambiental que puede aliviar los efectos negativos del estrés, el dolor, modificar la frecuencia cardíaca y disminuir la ansiedad cuando se utilizan ciertos géneros musicales como la música clásica, canciones de cuna y música de meditación, lo que puede resultar beneficioso para el ganado lechero al estar expuestos a estresores durante el ordeño. Sin embargo, los estudios asociados a este estímulo se restringen al ganado vacuno y no en búfalos lecheros por lo que se requiere de mayores estudios sobre este tópico (Polikarpus et al., 2014; Mota-Rojas et al., 2019).

Ordeño mecánico y manual

El ordeño manual implica ejercer presión manual en la ubre de la hembra, imitando el comportamiento de topeteo de las crías para estimular la secreción de leche (Olmos-Hernández et al., 2020), además de requerir escaso equipo e instalaciones en comparación con el ordeño mecánico, en donde puede recurrirse a instalaciones sencillas de madera o sistemas completamente mecánicos (Bertoni et al., 2020a,b). Es importante mencionar que, sin importar el método de ordeño, se debe asegurar la limpieza del material y el equipo, así como la constante capacitación al personal, gestión y monitoreo para asegurar la salud de la ubre (Bertoni, et al., 2020).

Actualmente el ordeño mecanizado es una de las principales alternativas para incrementar tanto la productividad como la calidad e higiene de la leche, además que representa menor

costo en mano de obra y mejora la gestión del hato (**Figura 5**) (Tangorra et al., 2017). Por ello, se han empleado la misma tecnología tanto para vacas lecheras como para búfalas, sin necesariamente tomar en cuenta las características anatómicas fisiológicas de la ubre, que difieren entre ambas especies, siendo el volumen de la cisterna y el tamaño de los pezones la más importantes, ya que como se ha expuesto, en búfalas la cisterna es de volumen más pequeño que en las vacas y, generalmente, la leche en la cisterna no está disponible inmediatamente para la ordeña como ocurre en las vacas (Caria et al., 2011).

Sannino et al. (2018) realizaron un estudio en 90 búfalas lecheras del Mediterráneo ordeñadas con un sistema automático (SA) y con un sistema de ordeño convencional, resultando una mayor producción de leche diaria ($P < 0,001$) y persistencia de la lactancia ($P < 0,05$) en el SA en comparación con el grupo convencional, lo cual se asoció principalmente al aumento en los ordeños por día y a una producción estable de leche respectivamente. A la par, se encontraron diferencias significativas por concepto de composición láctea en cuanto a mayor concentración de proteína ($P < 0,001$) y caseína ($P < 0,01$), con ventajas para la leche obtenida por SA, la cual a su vez mostró menor concentración de bacterias ($P < 0,01$) en comparación con la leche obtenida por el sistema convencional.



Figura 5. Ordeño manual y mecánico. A. Estación de ordeño mecánico. **B y C.** Ordeña manual con presencia de becerro y estimulación táctil por el ordeñador, en donde se requiere menor equipo y solo instalaciones tubulares para mantener al becerro y la búfala en un lugar específico y seguro para el ordeñador, contrario a lo observado en el ordeño mecánico.

Se ha demostrado que el ordeño mecánico exitoso en búfalas es más complejo que en vacas, ya que en las primeras es necesario una estimulación adecuada pre ordeño con el fin de no exponer los pezones al vacío sin flujo de leche por algunos minutos. Sobre el particular, se ha informado que al contrario de lo que ocurre en vacas, las búfalas no

presentan liberación de oxitocina y, por ende, tampoco la eyección láctea por el solo hecho de ser conectadas a la máquina de ordeño. Como se ha expuesto, las búfalas necesariamente requieren de una estimulación previa (Caria et al., 2011), como lo ha confirmado Ambord et al. (2010) en búfalas mediterráneas, las cuales sin estimulación previa, con un vacío de hasta 39 Kpa, no registraron la extracción de leche. Por el contrario, después de la estimulación durante tres minutos los pezones sufren una disminución del tamaño de su canal pasando de $22.6 \pm 2,6$ mm a $12.9 \pm 1,5$ mm lo que permite el flujo de leche con valores de vacío por debajo de 39 kPa. Así mismo Thomas (2004) sostiene que la eficacia de la ordeña mecánica dependerá de la apertura del orificio del pezón, del diámetro de su canal y de la presión intramamaria del mismo, por lo que cuando se conecta a la unidad de ordeño el vacío tiene la función de estirar las paredes de la tetina para inducir su abertura.

Singh et al. (2014) trabajaron con búfalas Murrah destetadas y lactantes sometidas a ordeño manual *versus* mecánico (diferencias físicas representadas en figura 5), a partir del cual no se reportaron diferencias significativas con respecto al tiempo de bajada de leche ante la ordeña manual y máquina la mecánica ($5,36 \pm 0,21$ vs. $5,82 \pm 0,29$ min.), pero las concentraciones de cortisol y prolactina si fueron significativamente mayores en el grupo de ordeño con máquina ($P < 0,001$). Esto se asocia a la inadaptación de las búfalas al ordeño mecánico, la neofobia y la dificultad de sobrellevar la exposición a los ruidos de las máquinas de ordeño.

Por lo anterior, resulta importante que antes del ordeño se prevea una habituación, especialmente en aquellas búfalas primíparas, ya que cómo se describió anteriormente estos animales son altamente sensibles a ambientes y procedimientos nuevos, por lo que podrían expresar ciertos comportamientos de miedo y agitación como patear, pisar u orinar constantemente (Cavallina et al., 2008). En este sentido Polikarpus et al. (2014) realizaron un estudio en 16 búfalas lecheras, en el cual se demostró que la habituación durante 10 días antes de la fecha de ordeño a la manipulación de la ubre para su limpieza, redujo significativamente los signos de estrés como patear ($P < 0.01$) y pisar ($P < 0.001$) durante los primeros 20 días del ordeño.

De igual forma, durante el ordeño deben considerarse las características jerárquicas, sociales y preferenciales de los animales, por lo que mantener un orden constante de entrada a la sala de ordeño es clave, ya que forma parte del comportamiento social de las diferentes especies lecheras el cual dependerá del rango social, estado de salud y productividad. De igual manera, se ha reportado que los búfalos prefieren un lado en particular de la sala de ordeño; en vacas lecheras se observó que el ignorar la preferencia de las mismas aumentan su respuesta al estrés, por lo que durante el manejo se debe evitar interferir en los movimientos voluntarios del animal, ya que puede afectar su nivel de bienestar y, por ende, la producción de leche. Aunado a esto se recomienda que la bajada de la leche debe reforzarse con el mismo patrón de ordeño y manejo de la ubre con el fin de aumentar la calidad láctea y disminuir tiempo de ordeño, así como estresores en el animal que repercutan en su productividad y bienestar (Cavallina et al., 2008; Mota-Rojas et al., 2019; Napolitano et al., 2022).

Por último, se recomienda que al finalizar la ordeña es importante asegurarse que la secreción de leche se completó, con el fin de, en primer lugar, mantener la síntesis y secreción de la misma durante toda la lactancia y, en segundo, por disminuir la leche residual en la glándula para reducir los riesgos al desarrollo de un proceso infeccioso (Olmos-Hernández et al., 2020).

USO Y EFICACIA DE LA OXITOCINA EN LA EYECCIÓN LÁCTEA

La leche producida en los alveolos es almacenada en la cisterna alveolar y en la GM hasta su eyección por la acción de la oxitocina, que es sintetizada en el PVN y el SON para ser almacenada en la neurohipófisis y posteriormente ser liberada a torrente sanguíneo hasta llegar a los receptores presentes en las células mioepiteliales que conforman los alveolos en cada complejo mamario (Bruckmaier y Hilger, 2001; Lollivier et al., 2002; Cavallina et al., 2008; Faraz et al., 2020; Mota-Rojas et al., 2020; Ni et al., 2021; Olmos-Hernández et al., 2020; Rodríguez-González et al., 2022b; Napolitano et al., 2022). Esto es con el objetivo de generar su contracción para la eyección de la leche, y que la oxitocina, que es una hormona neuropéptica de gran importancia en la ordeña de búfalas de agua, favorezca que la leche almacenada en el compartimento de la GM se puede eyectar mediante el ordeño manual o mecánico. Sin embargo, la leche presente en la cisterna alveolar solo puede extraerse después de la contracción de las células mioepiteliales (Bidarimath y Aggarwal, 2007; Faraz et al., 2021). En un escenario con una evacuación incompleta de la leche durante el ordeño se presenta una disminución de la producción y calidad de leche, por tanto, se han buscado herramientas que permitan eyectar completamente la leche de la ubre, tales como estimulaciones táctiles, auditivas y visuales, existiendo a su vez, otros métodos para lograr esta tarea (Nwosu et al., 2019).

De esta forma y retomando lo mencionado en apartados anteriores, la búfala de agua requiere tiempos de estimulación durante el ordeño en donde el objetivo principal es la secreción de oxitocina para una adecuada contracción de células mioepiteliales y un vaciado correcto de la GM durante la ordeña. De esta forma, la aplicación de oxitocina exógena ha resultado para muchos una práctica común que tiene como objetivo obtener una mayor cantidad de leche en menor tiempo dentro de su hato, disminuyendo los tiempos de ordeña y permitiendo redirigir el lapso destinado a esta actividad a otras dentro de la unidad de ganadera (Thomas et al., 2005; Bertoni et al., 2020a; Faraz et al., 2020; Rodríguez-González et al., 2022b; Napolitano et al., 2022). De esta forma, Weiss et al. (2003) indicaron que el uso de oxitocina exógena tiene un impacto positivo en el mantenimiento del metabolismo celular de la GM, debido a que propicia un descenso de su contenido y que esta suele utilizarse en GM distendidas con leche, previniendo alteraciones en el complejo mamario y promoviendo una ubre sana (Faraz et al., 2021). De esta manera, han sido reportados efectos en parámetros productivos y reproductivos cuando la oxitocina es aplicada de manera recurrente y sin monitoreo, incluyendo cambios en la síntesis y cantidad de leche producida, con diferenciales en las características nutricionales y el recuento de células somáticas (**Figura 6**), por mencionar algunos cambios.

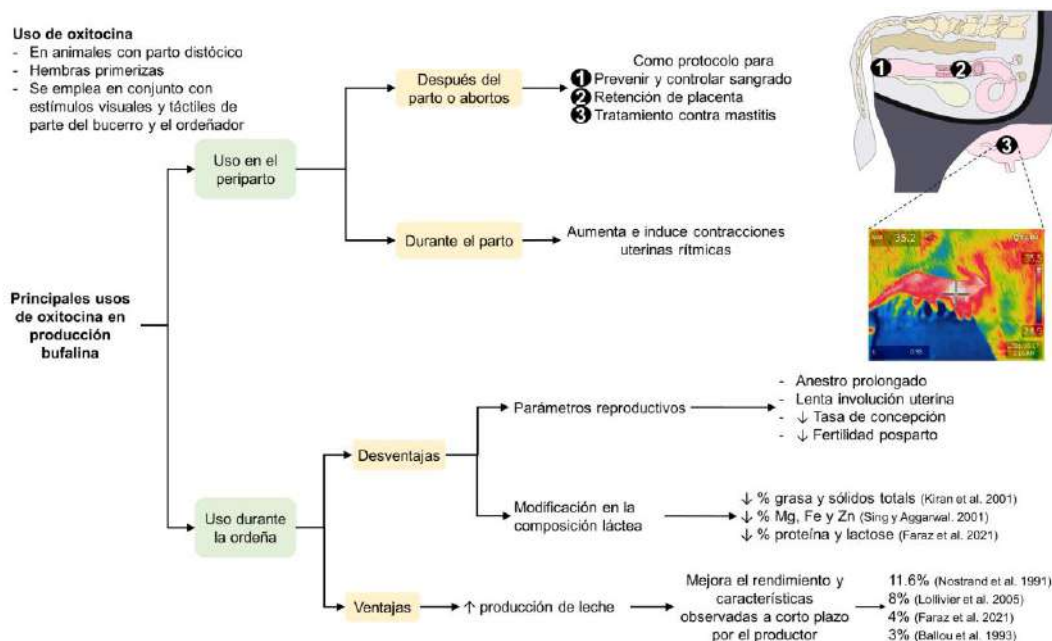


Figura 6. Efectos positivos y negativos de oxitocina en la producción bufalina reportados en diversos estudios (Nostrand et al., 1991; Ballou et al., 1993; Singh and Aggarwal, 2001; Lollivier and Marnet, 2005; Bidarimath and Aggarwal, 2007; Faraz et al., 2021;), así como sus principales usos como herramienta durante y posterior al parto y en el proceso de ordeño, con impacto en características de la composición láctea y su producción.

Efecto sobre la síntesis y producción de leche

Durante el ordeño las búfalas de agua (*Bubalus bubalis*) presentan una mayor sensibilidad a estímulos estresantes que los bovinos del género *Bos*, por ende, se desencadena una síntesis y secreción de adrenalina que contrarresta la liberación y producción de oxitocina evitando una adecuada contracción del tejido epitelial presente en los alveolos y, de esta forma, se interrumpe un flujo constante de leche durante el ordeño (Thomas et al., 2005). En este sentido, se ha observado que ante un eficiente vaciado de la ubre por el uso de oxitocina exógena se alcanzan incrementos en la leche total producida, sin embargo, existen otros factores a considerar en la intensificación de la frecuencia del ordeño, ya que este factor aumenta los kilogramos totales y modifica la composición de la leche (Lollivier et al., 2002).

Faraz et al. (2021) realizaron una comparativa de la productividad y el contenido nutricional en búfalas Nili-Ravi suministrando 20 UI de oxitocina intramuscular, reportando una producción láctea significativamente mayor ($P < 0.05$), discutiendo que esta impulsa la eyección de leche residual, generando una disminución en enfermedades en GM por un adecuado vaciado de la ubre. A su vez, Lollivier et al. (2002) demostraron una correlación positiva del uso de oxitocina exógena y un incremento del 8% de producción de leche.

En un estudio realizado por Akhtar et al. (2012) con búfalas Nili-Ravi se administraron 30 UI de oxitocina vía intramuscular un día antes del inicio del ordeño y durante y días posteriores, encontrando que los animales con este tratamiento tuvieron diferencias

($P < 0.05$) en producción de leche con $8,57 \pm 0,07$ litros vs $8,40 \pm 0,04$ litros del grupo control. Por su parte, Rushen et al. (2010) registraron una mayor producción de leche en vacas Holstein con respecto al grupo control con valores de $8,7 \pm 0.8$ vs. $3,2 \pm 0.8$ kg después de la administración de oxitocina. Así mismo, Sitkowska (2008) refirió que el rendimiento lechero aumentó con la administración de oxitocina en búfalas, sin embargo, se presentaron afectaciones en cuanto al contenido de grasa y proteína.

Efecto sobre características nutricionales de la leche y células somáticas

Algunos autores indican que la administración de oxitocina no afecta los porcentajes de grasa, lactosa, proteína, y recuento de células somáticas (Nostrand et al., 1991; Bencini et al., 1992), sin embargo, otros evaluaron estas características encontrando modificaciones por efecto de la oxitocina exógena para estimular el vaciado de la ubre. Sobre esta temática, Faraz et al. (2021) evaluaron las características nutricionales en leche indicando una disminución en el contenido de grasa a medida que se incrementó su producción con cambios de $9.47\% \pm 0.46$ en el grupo control vs $8.01\% \pm 0.04$ en el grupo tratado con oxitocina al principio de la lactación, de $9.65\% \pm 0.05$ a $8.71\% \pm 0.2$ en el pico y de $9.22\% \pm 0.28$ a $8.81\% \pm 0.19$ al final en animales de la raza Nili-Ravi. También reportaron disminuciones en los porcentajes de lactosa, proteína, sólidos totales y sólidos no grasos para cada una de las etapas estudiadas, teniendo repercusiones en el procesamiento de la leche. De igual forma, Kiran (2001) encontró una disminución significativa ($P < 0.05$) en los porcentajes de grasa, sólidos no grasos y totales, reportando también una disminución significativa ($P < 0.01$) en contenido de Mg, Fe y Zn con la administración de oxitocina, sin afectaciones en Ca y un aumento en el contenido de Cu y Mn.

Faraz et al. (2021) experimentaron con la aplicación constante de oxitocina y detectaron que impacta en la composición de minerales en leche, sugiriendo la eliminación de esta práctica durante la ordeña por el impacto que pudiera generar en el consumidor final. Aunque en este mismo documento menciona que la inyección de oxitocina en búfalas lecheras no influye en el contenido de la leche debido a que este neuropéptido es rápidamente degradado en la digestión intestinal y no se absorbe, por lo tanto, no tiene efectos dañinos en los consumidores de estos productos.

Por otra parte, las células somáticas en leche son glóbulos blancos y células epiteliales desprendidas del revestimiento de la GM durante el ordeño, este parámetro es utilizado ampliamente para la determinación de la salud mamaria y la calidad de la leche (Dang y Anand, 2007). Por tanto, estos valores son utilizados por el sector público y privado como puntos a considerar por empresas para la adquisición de leche o el pago con el que se compensará al productor, de acuerdo con las características presentes al momento de la transacción. Se han observado variaciones en el recuento de células somáticas por efecto del uso de oxitocina, por ejemplo Akhtar et al. (2012) advirtieron un aumento significativo ($P < 0.05$) en el grupo tratado con 30 UI de oxitocina con variaciones de 72.96 a 97.01×10^3 en el grupo tratado y de 71.86 a 77.14×10^3 en el grupo control. Así mismo, Bidarimath y Aggarwal (2007) observaron un aumento en el conteo de células somáticas en leche de

búfalas Murrah mientras se les suministró oxitocina en los días 0, 15, 30 y 45 postparto, con un aumento de 5.36 a 6.22% con respecto al grupo control.

Otros efectos

Además de los efectos en parámetros productivos se han detectado modificaciones por el uso constante de oxitocina exógena en indicadores de salud y reproductivos de las búfalas por la acción que esta genera en los procesos neurofisiológicos a largo plazo (Mustafa et al., 2008). Entre ellos, se cuenta con un incremento en el número de abortos y retenciones placentarias (Weiss et al., 2003; Qureshi y Ahmad, 2008).

Mustafa et al. (2008) al realizar un análisis de las prácticas aplicadas en Pakistán diagnosticaron consecuencias negativas por el uso constante de oxitocina exógena, tales como un aumento en el porcentaje de mortinatos (13.3%), una mayor frecuencia de partos distócicos (71.66%) y retenciones placentarias (38.33%), incluyendo la incidencia de patologías reproductivas como la formación de quistes lúteos (23.33%) y foliculares (26.66%), mayor incidencia de búfalas repetidoras (25%) y un anestro prolongado (18.33%). Así mismo, Qureshi y Ahmad (2008) utilizaron oxitocina a una dosis de 7.50 UI en búfalas Nili-Ravi con el objeto de observar su efecto sobre parámetros reproductivos, encontrando que retrasa el tiempo de expulsión de la placenta y el intervalo de ovulación posparto.

Aunado a esto, en algunos estudios se han reportado impactos negativos sobre la secreción de oxitocina endógena y su acción sobre GM, por un decremento en contractibilidad celular en alveolos y, por ende, la disminución de eyección de leche cuando se retira, por lo cual esta práctica se cataloga como perjudicial cuando se realiza de manera cotidiana (Lollivier et al., 2002; Bertoni et al., 2020b; Napolitano et al., 2020; Ozenc et al., 2020; Faraz et al., 2020, 2021; Ahmad, 2021; Murtaza et al., 2021; Napolitano et al., 2022).

Son pocos los artículos que reportan una relación negativa con datos duros entre el uso de oxitocina para estimular la eyección láctea y el desempeño reproductivo en esta especie, por lo tanto, es necesaria mayor investigación para tener una mejor comprensión del impacto de esta práctica en salud y en la economía de los hatos lecheros.

CONSIDERACIONES FINALES

Es imperativo conocer los rasgos anatómicos de la búfala de agua con el objetivo de generar estrategias para mejorar los parámetros productivos. Al mismo tiempo, también es obligado el reconocimiento de la neurofisiología y el comportamiento normal durante la crianza y lactancia para una adecuada gestión ganadera. Además, es necesaria mayor investigación respecto a las repercusiones que puede generar el uso constante y a largo plazo de oxitocina por vía parental sobre parámetros productivos y reproductivos, con la posibilidad de eliminar esta práctica controversial en la producción bufalina y, en su lugar, fomentar la aplicación de buenas prácticas durante el ordeño que propicien el aumento de la capacidad de ordeño y las características productivas sin tener afectaciones en el corto y largo plazos.

REFERENCIAS

- Ahmad, M., 2021. Oxytocin; Effects on milk production. *Pure Appl. Biol.* 10.
- Akhtar, M.S., Lodhi, L.A., Farooq, A.A., Ayaz, M.M., Maqbool Hussain, M., Chaudhary, H.L.Z.I., 2012. Effect of oxytocin administration before milking on milk production, somatic cells count and fat contents in milk of Nili-Ravi buffaloes. *Pak. Vet. J.* 32, 435–437.
- Ambord, S., Stoffel, M.H., Bruckmaier, R.M., 2010. Teat anatomy affects requirements for udder preparation in Mediterranean buffaloes. *J. Dairy Res.* 77, 468–473. <https://doi.org/10.1017/s0022029910000518>
- Ambord, S., Thomas, C.S., Borghese, A., Mazzi, M., Boselli, C., Bruckmaier, R.M., 2009. Teat anatomy, vacuum to open the teat canal, and fractionized milk composition in Italian buffaloes. *CAB Direct* 64, 351–353.
- Arnold, N.A., Ng, K.T., Jongman, E.C., Hensworth, P.H., 2007. The behavioural and physiological responses of dairy heifers to tape-recorded milking facility noise with and without a pre-treatment adaptation phase. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 106, 13–25. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/j.applanim.2006.07.004>
- Ashmawy, N., 2015. Chemical composition, hormonal levels and immunoglobulin G concentration in colostrums, milk and blood plasma of Egyptian buffaloes following calving. *Int. J. Adv. Res.* 3, 471–478.
- Ballou, L.U., Bleck, J.L., Bleck, G.T., Bremel, R.D., 1993. The effects of daily oxytocin injections before and after milking on milk production, milk plasmin, and milk composition. *J. Dairy Sci.* 76, 1544–1549. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(93\)77487-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(93)77487-1)
- Barboza-Jiménez, G., 2011. Bondades ecológicas del búfalo de agua: camino hacia la certificación. *Tecnol. en Marcha* 24, 82–88.
- Bava, L., Sandrucci, A., Tamburini, A., Zucali, M., 2007. Milk flow traits of buffalo cows in intensive farming system. *Ital. J. Anim. Sci.* 6, 500–502. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.1s.500>
- Belo, C.J., Bruckmaier, R.M., 2010. Suitability of low-dosage oxytocin treatment to induce milk ejection in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93, 63–69. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2084>
- Bencini, R., Martin, G., Purvis, I., Hartmann, P., 1992. Use of oxytocin to measure milk output in Merino ewes and its effect on fat content. *Aust. J. Exp. Agric.* 32, 601. <https://doi.org/10.1071/EA9920601>
- 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., Martínez, G.M., Napolitano, F., Álvarez-Macías, A., Ghezzi, M.D., Mora-Medina, P., Braghieri, A., Guerrero-Legarreta, I., Cruz-Monterrosa, R.G., Rayas-Amor, A.A., Mota-Rojas, D., 2020. 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. <https://bmeditores.mx/ganaderia/descargas/>
- Bertoni, A., Martínez, G.M., Napolitano, F., Álvarez-Macías, A., Ghezzi, M.D., Mora-Medina, P., Braghieri, A., Guerrero-Legarreta, I., Cruz-Monterrosa, R., Mota-Rojas, D., Rayas-Amor, A.A., 2020a. 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. <https://bmeditores.mx/ganaderia/descargas/>
- Bertoni, Aldo, Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Sabia, E., Álvarez-Macías, A., Mora-Medina, P., Morales-Canela, A., Berdugo-Gutiérrez, J., Guerrero-Legarreta, I., 2020b. Similarities and differences between river buffaloes and cattle: health, physiological, behavioral and productivity aspects. *J. Buffalo Sci.* 9, 92–109. <http://dx.doi.org/10.6000/1927-520X.2019.08.03.12>

- 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* 2021, 11, 2910. <https://doi.org/10.3390/ani11102910>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s11250-007-9042-0>
- 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., Campagna, M.C., Amatiste, S., Rosati, R., Borghese, A., 2014. Pre-stimulation effects on teat anatomy and milk flow curves in mediterranean Italian buffalo cows. *J. Anim. Vet. Adv.* 13, 912–916. <http://dx.doi.org/10.3923/javaa.2014.912.916>.
- 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. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00432>
- Boselli, C., Rosati, R., Giangolini, G., Arcuri, S., Fagiolo, A., Ballico, S., Borghese, A., 2004. Milk flow measurements in buffalo herds, milk flow measurements in buffalo herds. Manila, Philippines.
- Bruckmaier, R.M., 2005. Normal and disturbed milk ejection in dairy cows. *Domest. Anim. Endocrinol.* 29, 268–273. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2005.02.023>
- Bruckmaier, R.M., Hilger, M., 2001. Milk ejection in dairy cows at different degrees of udder filling. *J. Dairy Res.* 68, 369–376. <https://doi.org/10.1017/s0022029901005015>
- Bruckmaier, R.M., Wellnitz, O., 2008. Induction of milk ejection and milk removal in different production systems. *J. Anim. Sci.* 86, 15–20. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0335>
- 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. <https://doi.org/10.1051/vetres:2003023>
- Caria, M., Boselli, C., Murgia, L., Rosati, R., Pazzona, A., 2012. Effect of vacuum level on milk flow traits in Mediterranean Italian buffalo cow. *Ital. J. Anim. Sci.* 11, e25. <https://doi.org/10.4081/ijas.2012.e25>
- Caria, M., Murgia, L., Pazzona, A., 2011. Effects of the working vacuum level on mechanical milking of buffalo. *J. Dairy Sci.* 94, 1755–1761. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3134>
- 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. <https://doi.org/10.4081/ijas.2008.287>
- Ciborowska, P., Michalczuk, M., Bień, D., 2021. The effect of music on livestock: cattle, poultry and pigs. *Animals* 11, 3572. <https://doi.org/10.3390/ani11123572>
- Colleluori, G., Perugini, J., Barbatelli, G., Cinti, S., 2021. Mammary gland adipocytes in lactation cycle, obesity and breast cancer. *Rev. Endocr. Metab. Disord.* 22, 241–255. <https://doi.org/10.1007/s11154-021-09633-5>
- Coroian, A., Erler, S., Matea, C.T., Mireşan, V., Răducu, C., Bele, C., Coroian, C.O., 2013. Seasonal changes of buffalo colostrum: physicochemical parameters, fatty acids and cholesterol variation. *Chem. Cent. J.* 7, 40. <https://doi.org/10.1186/21752-153X-7-40>
- Cosenza, G., Pauciuolo, 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. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.303>
- Costa, A., De Marchi, M., Visentin, G., Campagna, M.C., Borghese, A., Boselli, C., 2020. The effect of pre-milking stimulation on teat morphological parameters and milk traits in the italian water buffalo. *Front. Vet. Sci.* 7, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.572422>

- Crowley, W.R., Armstrong, W.E., 1992. Neurochemical regulation of oxytocin secretion in lactation. *Endocr. Rev.* 13, 33–65. <https://doi.org/10.1210/edrv-13-1-33>
- Crudeli, G.A., Konrad, J.L., Patiño, E.M., 2016. Reproducción en Búfalas, Tecnología en Marcha. Mongolia Ediciones, Argentina.
- Dang, A.K., Anand, S.K., 2007. Effect of milking systems on the milk somatic cell counts and composition. *Livest. Res. Rural Dev.* 19, 1–8.
- 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 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. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1157>
- Dûidić, A., 2004. Studies on milk ejection and milk removal during machine milking in different species 1–23.
- 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.
- Erskine, R.J., Norby, B., Neuder, L.M., Thomson, R.S., 2019. Decreased milk yield is associated with delayed milk ejection. *J. Dairy Sci.* 102, 6477–6484. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16219>
- 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. FAO, Food Agric. Organ. United Nations. 1–52.
- FAO, 2022. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2022-2031. FAO 1–379.
- 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.
- Fareed, S.K., Memon, K.H., Kachiwal, A.B., Azhar, S., Brula, M.I., Mehmood-ul-Hasan, Ali, M., Khan, T.A., 2016. Prevalence and economic losses of reproductive disorders and mastitis in buffaloes at Karachi, Pakistan. *Indian J. Anim. Res.* 51, 1130–1133.
- Furman-Fratczak, K., Rzasca, A., Stefaniak, T., 2011. The influence of colostral immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. *J. Dairy Sci.* 94, 5536–5543.
- Ghezzi, M.D., Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Martínez, G.M., Rosa, G. De, Álvarez-Macías, A., Braghieri, A., Bertoni, A., Gómez-Prado, J., Torres-Bernal, F.E.I., Serrapica, F., 2020. La búfala de agua en la producción de leche: una visión internacional. In: Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., Orihuela, A. (Eds.), *El búfalo de agua en Latinoamérica, hallazgos recientes*. BM Editores, México, pp. 257–328.
- Guccione, J., 2017. Mastitis in mediterranean buffaloes. *J. Dairy Vet. Sci.* 2.
- Guimarães, J.L.B., Brito, M.A.V.P., Lange, C.C., Silva, M.R., Ribeiro, J.B., Mendonça, L.C., Mendonça, J.F.M., Souza, G.N., 2017. Estimate of the economic impact of mastitis: A case study in a Holstein dairy herd under tropical conditions. *Prev. Vet. Med.* 142, 46–50. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.04.011>
- Guler, O., Yanar, M., Aydin, R., Bayram, B., Dogru, U., Kopuzlu, S., 2009. Genetic and environmental parameters of milkability traits in Holstein Friesian cows. *CAB Rev.* 8, 143–147.
- Gutiérrez-Valencia, A., Hurtado-Lugo, N., Cerón-Muñoz, M., 2006. Estimativas de factores de corrección para duración de la lactancia, edad y época de parto en búfalas de la Costa Atlántica Colombiana. *Livest. Res. Rural Dev.* 18, 19–23.
- Kamikawa, A., Seko, J., 2020. Physiological and pharmacological evaluation of oxytocin-induced milk ejection in mice. *Exp. Anim.* 69, 345–353.

- Kiran, U., 2001. Effect of intramuscular injection of oxytocin on milk composition. Univ. Agric., Faisalabad, Pakistan. Univ. Agric., Faisalabad, Pakistan.
- Lakshmi Kavitha, K., Rajesh, K., Satheesh, K.S.K., Syama Sundar, N., 2009. Buffalo mastitis - Risk factors. *Buff. Bull.* 28, 134–137.
- 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. <https://doi.org/10.1051/rnd:2002016>
- Lollivier, V., Marnet, P.G., 2005. Galactopoietic effect of milking in lactating Holstein cows: Role of physiological doses of oxytocin. *Livest. Prod. Sci.* 95, 131–142. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.01.013>
- McGee, M., Earley, B., 2019. Review: passive immunity in beef-suckler calves. *Animal* 13, 810–825. <https://doi.org/10.1017/S1751731118003026>
- McGrath, B.A., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Kelly, A.L., 2016. Composition and properties of bovine colostrum: a review. *Dairy Sci. Technol.* 96, 133–158. <https://dx.doi.org/10.1007/s13594-015-0258-x>
- Moore-Foster, R., Norby, B., Schewe, R.L., Thomson, R., Bartlett, P.C., Erskine, R.J., 2019. Herd-level variables associated with delayed milk ejection in Michigan dairy herds. *J. Dairy Sci.* 102, 696–705.
- Mora-Medina, P., Berdugo-Gutiérrez, J., 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. <http://dx.doi.org/10.6000/1927-520X.2018.07.03.2>
- Mora-Medina, P., Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Berdugo-Gutiérrez, J., Ruiz-Buitrago, J., Guerrero-Legarreta, I., 2018. Imprinting, sucking and allosucking behaviors in buffalo calves. *J. Buffalo Sci.* 7, 49-57.
- Mota-Rojas, D., Guerrero-Legarreta, I., De Rosa, G., Mora-Medina, P., 2019. Dairy buffalo behaviour and welfare from calving to milking. *CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.* 14, 1–9. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201914035>
- Mota-Rojas, Daniel, Napolitano, F., Braghieri, A., Rosa, G. De, Álvarez-Macías, A., Mora-Medina, P., Varona, E. De, Bertoni, A., Berdugo-Gutiérrez, J., Masucci, F., 2020a. 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, México, pp. 95–130. <https://bmeditores.mx/ganaderia/descargas/>
- Mota-Rojas, D., Orihuela, A., Napolitano, F., Hufana-Duran, D., Serrapica, F., Olmos-Hernández, A., Mora-Medina, P., De Rosa, G., 2020b. 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 Latinoamérica, hallazgos recientes*. BM Editores, México, pp. 492–534. <https://bmeditores.mx/ganaderia/descargas/>
- Mota-Rojas, D.; Marcet-Rius, M.; Freitas-de-Melo, A.; Muns, R.; Mora-Medina, P.; Domínguez-Oliva, A.; Orihuela, A. 2021. 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.; Bragaglio, A.; Braghieri, A.; Napolitano, F.; Domínguez-Oliva, A.; Mora-Medina, P.; Álvarez-Macías, A.; De Rosa, G.; Pacelli, C.; José, N.; et al. 2022. Dairy Buffalo Behavior: calving, imprinting, and allosuckling. *Animals.* 12, 2899. <https://doi.org/10.3390/ani12212899>
- 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. rda.*14001.
- Mustafa, M.Y., Saleem, K., Munir, R., Butt, T.M., 2008. Effect of oxytocin on the productive and reproductive performance of buffalo and cattle in Sheikhpura-Pakistan (A field study). *Livest. Res. Rural Dev.* 20, 1–6.

- Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Guerrero- Legarreta I., Orihuela, O. 2020. En: El búfalo de Agua en Latinoamérica. Hallazgos recientes. Ciudad de México, México: Tercera edición. BM Editores (2020). p. 923–958. Available online at: <https://www.lifescienceglobal.com/journals/journal-of-buffalo-science/97-abstract/jbs/4550-el-bufalo-de-agua-enlatinoamerica-hallazgos-recientes> (accessed June 5, 2020).
- 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., Mota-Rojas, D. 2022. Neurophysiology of milk ejection and prestimulation in dairy buffaloes. *Animals*. 12, 2649. <https://doi.org/10.3390/ani12192649>
- Ni, Y., Chen, Q., Cai, J., Xiao, L., Zhang, J., 2021. Three lactation-related hormones: Regulation of hypothalamus-pituitary axis and function on lactation. *Mol. Cell. Endocrinol.* 520.
- Nostrand, S.D., Galton, D.M., Erb, H.N., Bauman, D.E., 1991. Effects of daily exogenous oxytocin on lactation milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 74, 2119–2127. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78384-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78384-7)
- Nwosu, E.U., James, I.J., Olowofeso, O., Williams, T.J., Bemji, M.N., 2019. Effects of oxytocin administration on milk yield and milk composition of West African Dwarf does. *Small Rumin. Res.* 181, 45–50.
- Oliveira, A.D.F.M., Quirino, C.R., Bastos, R., 2017. Effect of nursing behaviour, sex of the calf, and parity order on milk production of buffaloes. *Rev. Colomb. Ciencias Pecu.* 30, 30–38.
- Olmos-Hernández, A., Ghezzi, M.D., Napolitano, F., Cuibus, A., Álvarez-Macías, A., Braghieri, A., Mota-Rojas, D., 2020. 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. <https://bmeditores.mx/ganaderia/descargas/>
- 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. <https://doi.org/10.1111/rda.13650>
- Park, Y.W., Marnet, P.-G., Yart, L., Haenlein, G.F.W., 2013. Mammary secretion and lactation. in: *milk and dairy products in human nutrition*. John Wiley & Sons, Oxford, pp. 31–45. <https://doi.org/10.1002/9781118534168.ch2>
- Patel, H.A., Srivastava, A.K., Chauhan, H.D., Patel, J.B., 2017. Parity effect on milk let-down time in Mehsana buffaloes. *Adv. Anim. Vet. Sci.* 5, 234–238.
- Polikarpus, A., Napolitano, F., Grasso, F., Di Palo, R., Zicarelli, F., Arney, D., De Rosa, G., 2014. Effect of pre-partum habituation to milking routine on behaviour and lactation performance of buffalo heifers. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 161, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.10.003>
- Qureshi, M.S., Ahmad, N., 2008. Interaction of calf suckling, use of oxytocin and milk yield with reproductive performance of dairy buffaloes. *Anim. Reprod. Sci.* 106, 380–392. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.05.019>
- Rainard, P., Riollet, C., 2006. Innate immunity of the bovine mammary gland. *Vet. Res.* 37, 369–400.
- Rodríguez-González, D., Mota-Rojas, D., Cruz-Monterrosa, R.G., Guerrero-Legarreta, I., 2022a. Neurofisiología en la eyección láctea en la búfala de agua: perspectivas y factores que afectan su productividad [WWW Document]. <https://www.ganaderia.com/destacado/neurofisiologia-en-la-eyeccion-lactea-en-la-bufala-de-agua-perspectivas-y-factores-que-afectan-su-productividad>.
- 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., 2022b. Handling and physiological aspects of the dual-purpose water buffalo production system in the mexican humid tropics. *Animals* 12, 608. <https://doi.org/10.3390/ani12050608>

- Rushen, J., Passillé, A.M. de, 2010. The importance of good stockmanship and its benefits to animals. In: Grandin, T. (Ed.), *Improving animal welfare: A practical approach*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 50–63.
- Sannino, M., Faugno, S., Crimaldi, M., Di Francia, A., Ardito, L., Serrapica, F., Masucci, F., 2018. Effects of an automatic milking system on milk yield and quality of Mediterranean buffaloes. *J. Dairy Sci.* 101, 8308–8312. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14157>
- Seegers, H., Fourichon, C., Beaudeau, F., 2003. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Vet. Res.* 34, 475–491. <https://doi.org/10.1051/vetres:2003027>
- 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. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.965>
- 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.
- Singh, M., Aggarwal, A., 2001. Effect of oxytocin administration on certain minerals in the milk of buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 14, 1523–1526. <https://doi.org/10.5713/ajas.2001.1523>
- Singh, M., Prakash, B.S., Mallick, S., 2014. Hormone release, milk production and composition in Murrah buffaloes milked by hand and machine. *Indian J. Anim. Res.* 48, 444. doi:10.5958/0976-0555.2014.00008.9
- Singh, P.K., Kamboj, M., Chandra, S., Singh, R.K., 2017. Effect of calf suckling dummy calf used and weaning on milk ejection stimuli and milk yield of Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*). *J. Pharmacogn. Phytochem.* 6, 1012–1015.
- Sitkowska, B., 2008. Effect of the cow age group and lactation stage on the count of somatic cells in cow milk. *J. Cent. Eur. Agric.* 9, 57–61.
- Stelwagen, K., Carpenter, E., Haigh, B., Hodgkinson, A., Wheeler, T.T., 2009. Immune components of bovine colostrum and milk. *J. Anim. Sci.* 87, 3–9. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1377>
- Tangorra, F.M., Leonardi, S., Bronzo, V., Rota, N., Moroni, P., 2017. Pre-milking mechanical teat stimulation and milking performance of dairy buffaloes in early lactation. *J. Agric. Eng.* 48, 53–55. <https://doi.org/10.4081/jae.2017.606>
- Tătaru, M., Stan, F., Martonoş, C.O., Gal, A., Mârza, S.M., Purdoi, R.C., Lăcătuş, R., Damian, A., Şonea, C., Mireşan, V., Papuc, I., 2022. Morphology of the mammary gland in Romanian buffalo. *Anat. Histol. Embryol.* <https://doi.org/10.1111/ahe.12785>
- Thomas, C.S., 2004. Pre-stimulation effects on teat anatomy and milk flow curves in Mediterranean Italian Buffalo cows. *J. Anim. Vet. Adv.* 13, 912–916. <http://dx.doi.org/10.3923/javaa.2014.912.916>
- 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. <https://doi.org/10.1017/s0022029904000081>
- Thomas, Chirathalattu S., Bruckmaier, R.M., Östensson, K., Svennersten-Sjaunja, K., 2005. Effect of different milking routines on milking-related release of the hormones oxytocin, prolactin and cortisol, and on milk yield and milking performance in Murrah buffaloes. *J. Dairy Res.* 72, 10–18. <https://doi.org/10.1017/s0022029904000457>
- Tonhati, H., Seno, L.O., Otaviano, A.R., 2003. Uso de polinômios segmentados para o estudo da curva de lactação em Búfalos Murrah e seus mestiços em sistema de criação extensivo, no Estado de São Paulo Use of segmented polynomials to study the lactation curve of Murrah and their crossed breeds of buf. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 13, 19–23.
- Truchet, S., Honvo-Houéto, E., 2017. Physiology of milk secretion. *Best Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* 31, 367–384.
- Uetake, K., Hurnik, J.F., Johnson, L., 1997. Effect of music on voluntary approach of dairy cows to an automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 53, 175–182. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01159-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01159-8)

- Urbańska, D., Puchała, R., Jarczak, J., Czopowicz, M., Kaba, J., Horbańczuk, K., Bagnicka, E., 2021. Does small ruminant lentivirus infection in goats predispose to bacterial infection of the mammary gland? A preliminary study. *Animals* 11, 1851. <https://doi.org/10.3390%2Fani11071851>
- Vázquez-Luna, D., 2018. Búfalo de agua (*Bubalus bubalis*): un acercamiento al manejo sustentable en el sur de Veracruz, México. *Agro Product.* 11, 27–32.
- Vázquez-Luna, D., Lara-Rodríguez, D.A., Ácar-Martínes, N.B., 2020. Búfalo de agua *Bubalus bubalis* parámetros zootécnicos en el sur de Veracruz, México. *Ganadería* 4–7.
- Watters, R.D., Bruckmaier, R.M., Crawford, H.M., Schuring, N., Schukken, Y.H., Galton, D.M., 2015. The effect of manual and mechanical stimulation on oxytocin release and milking characteristics in Holstein cows milked 3 times daily. *J. Dairy Sci.* 98, 1721–1729.
- Weiss, D., Bruckmaier, R.M., 2005. Optimization of Individual prestimulation in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88, 137–147. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72671-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72671-0)
- Weiss, D., Dzidic, A., Bruckmaier, R.M., 2003. Effect of stimulation intensity on oxytocin release before, during and after machine milking. *J. Dairy Res.* 70, 349–354. <https://doi.org/10.1017/s0022029903006216>
- Wellnitz, O., Bruckmaier, R.M., 2001. Central and peripheral inhibition of milk ejection. *Livest. Prod. Sci.* 70, 135–140. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00206-8](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00206-8)

