

# Vocalización como marcador de estrés en ganado bovino

## *Vocal exception: Indicator of stress in cattle*

Andrés Haro Haro<sup>1,\*</sup>, Andrés Suarez-Usbeck<sup>2</sup>, Ana Burgos-Mayorga<sup>4</sup>, Jorge Navarrete<sup>5</sup>, Juan Ramonez<sup>1</sup>, Pedro Nieto-Escandon<sup>1</sup> y María José Andrade<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca, 010205, Cuenca, Ecuador

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 060106, Ecuador

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas, Universidad de Loja, 110107, Loja, Ecuador

<sup>4</sup> Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, 180601, Cevallos, Ecuador

<sup>5</sup> Carrera de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Estatal de Bolívar

\* Autor para correspondencia: andresharo86@hotmail.com

Fecha de recepción del manuscrito: 10/02/2023

Fecha de aceptación del manuscrito: 04/05/2023

Fecha de publicación: 30/06/2023

**Resumen**—El incremento en el número de bovinos dificulta al granjero a observar y monitorear animales individualmente, evento influenciado con la salud emocional del animal. Conjuntamente, los consumidores actuales de los productos y subproductos bovinos exigen más control e información sobre el bienestar durante su producción. Varias metodologías son descritas para controlar y medir el bienestar animal. La vocalización o expresión vocal del animal puede ser medida y traducida a niveles emocionales positivos y negativos que interesan como marcadores o indicadores de estrés que aqueja a esta especie en particular. Por ello, el objetivo de esta revisión fue describir los eventos que influyen en el estrés del ganado bovino vinculados a métodos de identificación por expresión vocal. El uso de vocalizaciones como marcador de estrés para evaluar el bienestar del ganado bovino se ha discutido constantemente, no obstante, el contenido dinámico emocional manifestado por la vocalización o niveles de expresión vocal deberían ser más estudiados; claramente, se podría predecir y proporcionar un estado positivo emocional influenciando sobre la producción y bienestar de los animales.

**Palabras clave**—Bienestar animal, Vocalización, Ganado bovino, Estrés.

**Abstract**—The increase in the number of bovines makes it difficult for the farmer to observe and monitor animals individually, an event influenced by the emotional health of the animal. At the same time, current consumers of bovine products and by-products demand more control and information about the welfare during their production. Different methodologies were described to control and measure animal welfare. Vocalization or vocal expression of the animal can be measured and translated into positive and negative emotional levels that serve as markers or indicators of stress that afflicts this particular species. The aim of this review was to describe the events that influence in cattle-stress linked to methods of identification by vocal expression. The use of vocalizations as an indicator of stress to assess the well-being of cattle has been constantly discussed, however, the dynamic emotional content manifested by vocalization or levels of vocal expression should be further studied. Interestingly, it could be predicted and therefore we might provide a positive emotional state influencing the production and well-being of the animals.

**Keywords**—Animal welfare, Vocalization, Cattle, Stress

## INTRODUCCIÓN

La importancia de garantizar el bienestar de los animales se extiende desde que Darwin (1952), justificó que los animales tienen expresión de emociones y estados emocionales generados en regiones cerebrales sobre las estructuras subcorticales medial y caudal (Ruggieri, 2013; Neethirajan, 2021). Definir las emociones como función decisiva para la vida productiva de los animales de granja, facilitaría la respuesta a eventos de producción y reproducción, exteriorizadas por emociones y niveles estresantes que acusan al gana-

do bovino (Bishop et al., 2019; Green et al., 2021). Por un lado, las emociones positivas provocan un comportamiento de acercamiento, confianza y satisfacción sobre la productividad en esta especie, mientras que las emociones negativas desencadenan un comportamiento de evitación y estrés cuando se encuentran con estímulos que los amenazan (Burman et al., 2007; Briefer, 2012; Green et al., 2021).

Las emociones son reconocidas como una reacción afectiva e intensa, pero de corta duración, a un evento o estímulo específico que altera su estado emocional (Green et al., 2021; Neethirajan, 2021), sin embargo, pueden prolongarse y alte-

rar los parámetros durante la vida productiva de los animales de granja. En particular, el ganado bovino expresa signos de emociones negativas y positivas (Panksepp, 2005; Green et al., 2021), que pueden ser percibidas por monitoreo de sus estados motivacionales traducidos como estrés; estados que pueden ser medidos por vocalización o expresión vocal con grabadoras de voz digital, (Shorten y Hunter, 2023; Ede et al., 2019; Wildridge et al., 2020), por muestreo focal con cámaras de vigilancia (Proctor y Carder, 2015) y por Software de reconocimiento social (Neethirajan, 2021).

La interacción y toma de medidas sobre bienestar de los animales es complicada y dificultosa para los ganaderos al momento de observar y monitorear animales individuales con problemas que acusan su bienestar sobre la producción. El uso de equipos de vigilancia o acústicos (cámaras de video y grabadoras de voz, respectivamente) podrían facilitar la evaluación de las emociones del ganado bovino y traducirlas a niveles de satisfacción y estrés (Ede et al., 2019; Haro, 2021). Hacia ello, la vocalización no requiere interacción física entre granjero y ganado bovino, lo que significa que se pueden recopilar estos eventos sin interferir con la expresión de los comportamientos naturales de la especie (Green et al., 2021). Durante mucho tiempo y en varios estudios se ha discutido el uso de vocalizaciones para la evaluación del bienestar de los animales de granja (Briefer, 2012; Green et al., 2018, Green et al., 2019, Ede et al., 2019; Green et al., 2021), sin embargo, el contenido dinámico emocional y de bienestar de las vocalizaciones del ganado bovino requiere una mayor revisión, por lo tanto, el objetivo de esta revisión fue analizar la expresión vocal del ganado bovino como marcador de estrés.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La recopilación de información para la elaboración de esta revisión narrativa sobre vocalización como marcador de estrés en ganado bovino tuvo énfasis en el material que se adaptó a las palabras clave bienestar animal, comportamiento animal, vocalización, expresión vocal, ganado bovino y estrés. El material científico fue de revisión dentro de artículos científicos, secciones de libros, revistas, páginas web de plataformas científicas, extraídos de las bibliotecas científicas electrónicas Latindex, Dspace, MDPI, SienceDirect, Scielo, Scopus, Springer, Wiley, Redalyc, y de las revistas científicas Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, Computers and electronics in agriculture, Animals, Applied Animal Behaviour Science, Journal of Zoology, Biology Letters, Applied Animal Behaviour Science, Journal of dairy science, Preventive veterinary medicine, Journal of Dairy Science, Animal, Dairy Knowledge Center, Journal of Biosystems Engineering, Handbook of emotions, Biosystems Engineering, Consciousness and cognition, Physiology & behavior, Journal of Experimental Biology, Animal Behaviour, Revista de neurología, Journal of Veterinary Behavior, Biological Sciences. Concisamente para la narración bibliográfica, se utilizaron los artículos relacionados con la importancia de las expresiones vocales en animales de granja y ganado bovino, bienestar animal y el comportamiento de los animales durante su vida productiva. En la tabla 1 se muestran los estudios sobre vocalizaciones y comportamiento vocal como indicadores de bienestar animal en mamíferos y

ganado bovino lechero que se utilizaron para describir esta narración entre el año 2005 y 2023.

**Tabla 1:** Material conceptual relacionado a la vocalización como marcador de estrés en ganado bovino y animales de granja

Autorías	Estudio
Panksepp (2005), Ruggieri (2013), Briefer (2020)	Expresión de las emociones en el hombre y en los animales
Watts y Stookey (2000), Burman et al. (2007), Green et al. (2019), Bishop et al. (2019)	Vocalizaciones y comportamiento vocal como indicadores de bienestar animal
Silva et al. (2009), Proctor y Carder (2015), Vandermeulen et al. (2016), Buller et al. (2020) de la Torre et al. (2015), Ede et al. (2019), Meagher et al. (2019), Wildridge et al. (2020), Green et al. (2021), Schnaider et al. (2022), Göncü y Bozkurt (2019), Neethirajan (2021), Haro (2021)	Monitoreo automatizado para la expresión vocal en cerdos y bovinos, mundo digital
Tate et al. (2006), Ferrari et al. (2008), Reefmann et al. (2009), Ferrari et al. (2010), Navon et al. (2013), Jung et al. (2021), Andriamandroso et al. (2016)	Estados afectivos en el ganado bovino lechero. Comportamiento vocal de vacas durante el parto (madre/cría)
Charlton et al. (2011), Briefer, (2012), Linhart et al. (2015), Reby et al. (2016), Farokhnejad et al. (2023)	Bioacústica y expresión del ganado bovino lechero y cerdos
	Expresión vocal de emociones en mamíferos: mecanismos de producción y evidencia

## LA VOCALIZACIÓN DEL GANADO BOVINO COMO MARCADOR DE ESTRÉS

El incremento en el número de bovinos de producción de leche y carne por granja ha aumentado drásticamente en el 2023, 2 % más que años anteriores (Farokhnejad et al., 2023), evento que dificulta al granjero y administradores de granja a observar y monitorear animales bovinos individualmente (Green et al, 2021; Farokhnejad et al., 2023). Al mismo tiempo, los consumidores actuales y potenciales de los productos y subproductos bovinos exigen más control e información sobre el bienestar animal durante su producción, antes y durante el sacrificio, el impacto ambiental y la calidad del producto (Haro et al., 2019; Buller et al., 2020). Por expresiones vocales del ganado bovino se podrían determinar los niveles de estrés vinculados al bienestar animal en la cadena productiva de esta especie (Green et al., 2021), proporcionando información actualizada sobre el estado emocional correlacionado con la producción del mismo, sistemas que pueden ser usados por el granjero y administradores de granja para alertar sobre eventos críticos del ganado bovino (Briefer, 2012; Green et al., 2018, Haro et al., 2019, Ede et al., 2019; Green et al, 2021). En la práctica, no se puede optar por información continua sobre el comportamiento animal: la falta de conocimiento, el tiempo para toma de datos, el número de animales por grupo y los equipos relacionados con la obtención de información del componente de vocalización (Jung et al., 2021) son las complicaciones para definir el estado emocional de los animales de granja. Por ello, analizar, conocer y determinar el nivel de estrés relacionado con la práctica de producción en el ganado bovino por expresión vocal es el interés de esta revisión.

## EMOCIONES EN ANIMALES DE GRANJA

Las emociones en los animales de granja son reconocidas como una reacción afectiva e intensa, aunque de corta duración sobre un evento o estímulo específico que altera su estado motivacional (Darwin, 1852; Panksepp, 2005), si estas son continuas pueden llegar a alterar su estado de salud manifestándose un estrés crónico (Panksepp, 2005; Green et

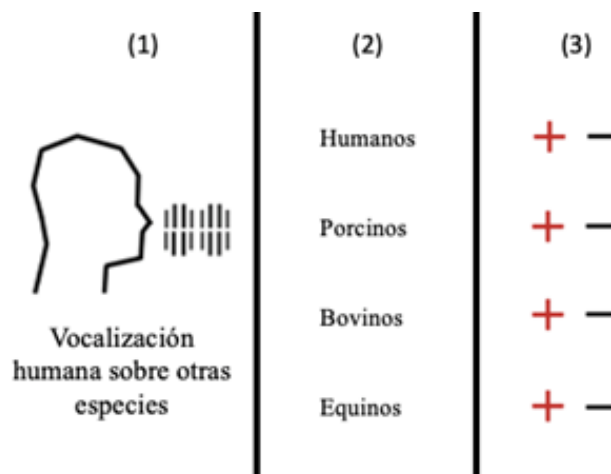
al, 2021), traducido en baja producción durante su vida productiva. El ganado bovino, en particular, expresa signos de emociones negativas y positivas (Panksepp, 2005), que se pueden medir a primera vista, a modo de miedo y nerviosismo durante el manejo rutinario como el ordeño, movilización, trabajo con equipos mecánicos de granja y durante el sacrificio (Panksepp, 2005; Wildridge et al., 2020). El principio básico para medir el comportamiento animal puede ser simple, un comportamiento habitual es el miedo (emoción o valencia negativa, Schnaider et al., 2022) y la satisfacción (emoción o valencia positiva, Green et al., 2021) de los bovinos en su entorno productivo (Proctor y Carder, 2015; Green et al, 2019), se supone que un animal experimenta una emoción dada que puede ser medida por respuestas neurofisiológicas, conductuales y cognitivas (Tate et al., 2006; Green et al, 2021). Los procesos neurofisiológicos, conductuales y cognitivos pueden usarse como indicadores de la emoción dentro de la práctica ganadera (Green et al, 2021). Estos procesos comúnmente utilizados como indicadores de estrés en animales de granja están determinados por la variabilidad de la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, sesgos de atención, memoria y juicio (Reefmann et al., 2009; Briefer, 2012; Green et al., 2018). Los marcadores o indicadores de comportamiento incluyen posturas corporales, movimientos y expresión vocal en distintas frecuencias (Reefmann et al., 2009; Wildridge et al., 2020; Haro, 2021). Por tal motivo y como resultado, han surgido nuevas metodologías para medir el comportamiento animal que se ofrece a granjeros e investigadores (Wildridge et al., 2020; Haro, 2021; Green et al., 2021). Utilizar la expresión vocal del ganado bovino como uno de los marcadores de estrés podría ayudar a interpretar las emociones experimentadas por los animales (Grandin, 1988).

## EXPRESIÓN VOCAL EN GANADO BOVINO

La exploración sobre la comunicación por expresión vocal de las emociones entre especies de mamíferos y entre mamíferos, en particular estudios sobre los indicadores vocales de las emociones y el bienestar animal, a menudo se centraron en los parámetros de las vocalizaciones (Figura 1) jerárquicos entre especie humana y especies de producción pecuaria o animales de granja (humana, porcinos, bovinos y equinos), vinculadas con el número de llamados, la duración de la llamada, la aparición de tipos de llamadas y la distribución de energía producida en la expresión (Linhart et al., 2015; Keltner et al., 2016; Kolacz et al., 2018).

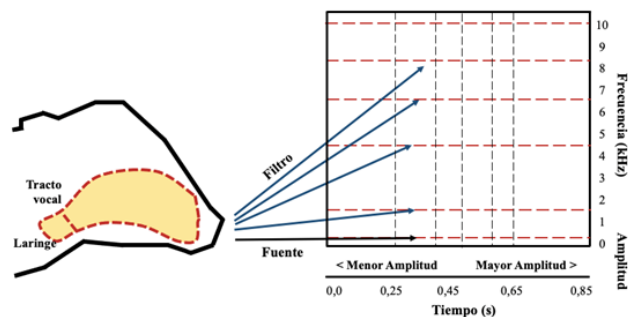
La teoría de la fuente y filtro es la encargada de que se modele el aire que fluye desde la laringe y el tracto vocal a un filtro lineal que modela la expresión vocal en mamíferos (Briefer, 2012; Reby et al., 2016), se ha aplicado este fenómeno a varias especies y ha revelado vínculos interesantes entre las vocalizaciones y los atributos anatómicos o fisiológicos de la persona que hace el llamado (Charlton et al., 2011; Wildridge et al., 2020; Haro, 2021).

Las vocalizaciones en los bovinos se generan por las vibraciones de las cuerdas vocales (Briefer, 2012, Reby et al., 2016), que son filtradas en el tracto vocal, evento llamado fuente y filtro (Figura 2). La fuente de la expresión vocal que determina la frecuencia esencial de la llamada y el filtro en el tracto vocal es el que da forma a la señal inicial amplificando



**Fig. 1:** Ilustración sobre la vocalización para llamados de jerarquía (1), entre humanos y animales de granja (2), y efectos positivos y negativos de la expresión vocal para cada especie, que pueden ser indicadores útiles de activación emocional y valencia (3), adaptada de Darwin (1852), Briefer (2012) y Moore et al. (2016).

ciertas frecuencias y amortiguando otras, dando lugar a los formantes llamados picos espectrales (Briefer, 2012, Reby et al., 2016; Green et al, 2021). Curiosamente, los parámetros vocales de la fuente dependen de la anatomía y fisiología de la laringe, mientras que los parámetros vocales relacionados con el filtro están determinados por la anatomía y fisiología del tracto vocal supralaríngeo (Briefer, 2012; Briefer, 2020).



**Fig. 2:** Teoría de la fuente y filtro: modulación del aire que fluye desde la laringe y el tracto vocal a un filtro lineal que modela la expresión vocal, ilustración modificada de Briefer (2012).

La expresión vocal de la fuente y el filtro podría ayudar a predecir e identificar los parámetros influenciados por las emociones como marcador de estrés por ser considerado el vínculo entre la estructura de las vocalizaciones y su modo de producción (Briefer, 2020, Green et al, 2021). En bovinos, la distribución de frecuencias en el espectro o parámetros formantes, la amplitud y tasa de vocalización podrían ser la clave para la diferenciación vocal de la valencia emocional (Bishop et al., 2019; Haro, 2021; Green et al, 2021). Por lo tanto, utilizar la producción vocal de la fuente y el filtro, incluidas las frecuencias formantes, serían la media de estrés por expresión vocal del ganado bovino por obtención de perfiles vocales específicos de la emoción (Bishop et al., 2019; Green et al, 2021).

Varios estudios han demostrado (Grandin, 1988, Green et al., 2018, Green et al., 2019, Wildridge et al., 2020; Haro, 2021; Green et al., 2021) que monitorear la producción

acústica de los animales de granja, en particular del ganado bovino (Green *et al.*, 2021), proporciona una representación precisa y no invasiva de las respuestas biológicas (detección de celo, Göncü y Bozkurt (2019), y trastornos metabólicos, Green *et al.*, 2021) para traducir los estados emocionales de los animales (bienestar animal). En especies porcinas y bovinas, el monitoreo acústico de la tos permite obtener información relacionada a enfermedades respiratorias (Ferrari *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2009; Ferrari *et al.*, 2010), marcador utilizado para detectar y diagnosticar enfermedades en grupos e individuos (Vandermeulen *et al.*, 2016).

La monitorización acústica para la detección y clasificación de las vocalizaciones puede requerir de interacción física entre el granjero y el animal, no obstante, en la mayoría de los casos esta interacción no es requerida (Green *et al.*, 2019). Además, expone opciones en la toma de audios producidos por los bovinos como la frecuencia del llamado o la expresión vocal producida, la intensidad (Figura 1), espectros de potencia y frecuencia en la producción del llamado (Green *et al.*, 2019; Green *et al.*, 2021). Estas expresiones vocales medidas pueden proporcionar información sobre las experiencias subjetivas de los animales, incluidos sus estados motivacionales y emocionales antes mencionados (Bishop *et al.*, 2019; Haro, 2021; Green *et al.*, 2021).

Las interacciones entre crías y vacas son expresadas por una alta incidencia de vocalizaciones acústicas que determinan el bienestar de estos animales (Bishop *et al.*, 2019; Green *et al.*, 2021), expresiones positivas al apego emocional en contacto cría/madres, y expresiones negativas cuando las crías son separadas, acción influenciada con los niveles de estrés que sufren los bovinos durante los periodos de postparto (comportamiento materno, Meagher *et al.*, 2019) y destete (estrés por separación, de la Torre *et al.*, 2015). Las crías bovinas realizan vocalizaciones agudas y prolongadas cuando se distancian de sus madres (Watts y Stookey, 2000), entendido como un evento o comportamiento de separación, suceso relacionado en todas sus categorías productivas, la jerarquía y el apego al grupo de pastoreo o animales en extensivo concluyente a factor estresante (Watts y Stookey, 2000, de la Torre *et al.*, 2015).

El entorno medioambiental también es un causante de estrés en el ganado bovino, los ruidos ambientales y la maquinaria agrícola son los referentes al factor estresante, durante el ordeño las vacas tienen vocalizaciones más agudas dependiendo de la agresividad en la técnica empleada (ordeño manual y mecánico), determinado como evento estresante para las vacas lactantes (Briefer, 2012; Wildridge *et al.*, 2020). Al mismo tiempo, la interacción vocal entre granjero (administradores, obreros y ordeñadores, Hanna *et al.* (2009)) influyen en sus niveles estresantes, que también pueden ser medidos por la expresión vocal sobre sus comportamientos emocionales positivos y negativos (Bishop *et al.*, 2019; Wildridge *et al.*, 2020; Haro, 2021).

Este tipo de vocalización influye las alteraciones productivas y emocionales de los animales, los niveles de estrés se elevan y pueden ser medidos por la expresión vocal individual o grupal cuando esta especie está en interacción social (Andriamandroso *et al.*, 2016; Green *et al.*, 2021). A pesar de existir más interés en el estudio de las expresiones vocales sobre la condición emocional en animales de granja, no se ha demostrado realmente la relación existente entre la vo-

calización y el comportamiento social sobre la detección del bienestar en entornos de producción real (Mellor, 2016).

## CONCLUSIONES

El uso de vocalizaciones como marcador de estrés para evaluar el bienestar del ganado bovino se ha discutido durante mucho tiempo, no obstante, el contenido dinámico emocional manifestado por la vocalización o niveles de expresión vocal debería ser más estudiado, manifestamente, se podría predecir y proporcionar un estado positivo emocional influenciado sobre la producción y bienestar de los animales bovino o de granja.

## AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento a la ESPOCH y la Universidad de Cuenca por su contribución en la redacción y revisión del manuscrito, además, agradecer a la Consultora Internacional Milk and Meat por su ayuda con el trabajo, compartiendo el conocimiento ganadero.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: AHH y ASU; metodología: MJA y AB; análisis formal: AHH, AB, JN, PNE y JR.; investigación: AHH y ASU; recursos: AHH y MJA; curación de datos: AB, JN y JR; redacción — preparación del borrador original: AHH y ASU; redacción — revisión y edición: AHH, ASU, PNE y MJA; visualización: AB, JN, PNE y JR; supervisión: AHH y ASU; administración de proyecto: AHH; adquisición de financiamiento para la investigación: AHH y ASU. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Andrés Haro Haro: AHH. Andrés Suarez-Usbeck: ASU. Ana Burgos: AB. Jorge Navarrete: JN. Juan Ramonez: JR. Pedro Nieto-Escandon: PNE. María José Andrade: MJA.

## FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue financiado por el Departamento del Conocimiento Ganadero de la Consultora Internacional Milk and Meat para una ganadería sostenible.

## REFERENCIAS

- Andriamandroso, A., Bindelle, J., Mercatoris, B., & Lebeau, F. (2016). A review on the use of sensors to monitor cattle jaw movements and behavior when grazing. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 20.
- Bishop, J. C., Falzon, G., Trotter, M., Kwan, P., & Meek, P. D. (2019). Livestock vocalisation classification in farm soundscapes. *Computers and electronics in agriculture*, 162, 531-542.
- Buller, H., Blokhuis, H., Lokhorst, K., Silberberg, M., & Veissier, I. (2020). Animal welfare management in a digital world. *Animals*, 10(10), 1779.
- Burman, O. H., Ilyat, A., Jones, G., & Mendl, M. (2007). Ultrasonic vocalizations as indicators of welfare for laboratory rats (*Rattus norvegicus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 104(1-2), 116-129.

- Briefer, E. F. (2012). Vocal expression of emotions in mammals: mechanisms of production and evidence. *Journal of Zoology*, 288(1), 1-20.
- Briefer, E. F. (2020). Coding for 'dynamic' information: vocal expression of emotional arousal and valence in non-human animals. *Coding strategies in vertebrate acoustic communication*, 137-162.
- Charlton, B. D., Keating, J. L., Kersey, D., Rengui, L., Huang, Y., & Swaisgood, R. R. (2011). Vocal cues to male androgen levels in giant pandas. *Biology Letters*, 7(1), 71-74.
- Darwin, C. (1852). *La expresión de las emociones en el hombre y en los animales*.
- de la Torre, M. P., Briefer, E. F., Reader, T., & McElligott, A. G. (2015). Acoustic analysis of cattle (*Bos taurus*) mother-offspring contact calls from a source-filter theory perspective. *Applied Animal Behaviour Science*, 163, 58-68.
- Ede, T., Lecorps, B., von Keyserlingk, M. A., & Weary, D. M. (2019). Symposium review: Scientific assessment of affective states in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 102(11), 10677-10694.
- Farokhnejad, S., Cardoso, D., Rocha, C., da Mata, A. S., & Menezes, R. (2023). A Data-Driven Approach to Cattle Epidemic Modelling Under Uncertainty. In *Complex Networks XIII: Proceedings of the 13th Conference on Complex Networks, CompleNet 2022* (pp. 55-67). Cham: Springer International Publishing.
- Ferrari, S., Silva, M., Guarino, M., & Berckmans, D. (2008). Analysis of cough sounds for diagnosis of respiratory infections in intensive pig farming. *Transactions of the ASABE*, 51(3), 1051-1055.
- Ferrari, S., Piccinini, R., Silva, M., Exadaktylos, V., Berckmans, D., & Guarino, M. (2010). Cough sound description in relation to respiratory diseases in dairy calves. *Preventive veterinary medicine*, 96(3-4), 276-280.
- Grandin, T. (1988). Behavior of slaughter plant and auction employees toward the animals. *Anthrozoös*, 1(4), 205-213.
- Green, A. C., Lidfors, L. M., Lomax, S., Favaro, L., & Clark, C. E. (2021). Vocal production in postpartum dairy cows: Temporal organization and association with maternal and stress behaviors. *Journal of Dairy Science*, 104(1), 826-838.
- Green, A., C. Clark, L. Favaro, S. Lomax, & D. Reby. (2019). Vocal individuality of Holstein-Friesian cattle is maintained across putatively positive and negative farming contexts. *Sci. Rep.* 9:18468.
- Green, A. C., I. N. Johnston, & C. E. F. Clark. (2018). Invited review: The evolution of cattle bioacoustics and application for advanced dairy systems. *Animal* 12:1250–1259.
- Göncü, S., & Bozkurt, S. (2019). Holstein cow vocalization behavior during oestrus periods. *MOJ Ecology & Environmental Sciences* 4: 276-279.
- Hanna, D., Sneddon, I. A., & Beattie, V. E. (2009). The relationship between the stockperson's personality and attitudes and the productivity of dairy cows. *Animal*, 3(5): 737-743.
- Haro A. N. (2021). Relationship between operators and cows as they move from a conventional to an automatic milking system. Dairy Knowledge Center.
- Haro, A., Gonzalez, J., de Evan, T., de la Fuente, J., & Carro, M. D. (2019). Effects of feeding rumen-protected sunflower seed and meal protein on feed intake, diet digestibility, ruminal, cecal fermentation, and growth performance of lambs. *Animals*, 9(7), 415.
- Jung, D. H., Kim, N. Y., Moon, S. H., Kim, H. S., Lee, T. S., Yang, J. S., & Park, S. H. (2021). Classification of vocalization recordings of laying hens and cattle using convolutional neural network models. *Journal of Biosystems Engineering*, 46(3), 217-224.
- Keltner, D., Tracy, J., Sauter, D. A., Cordaro, D. C., & McNeil, G. (2016). Expression of emotion. *Handbook of emotions*, 4, 467-482.
- Kolacz, J., Lewis, G. F., & Porges, S. W. (2018). The integration of vocal communication and biobehavioral state regulation in mammals: A polyvagal hypothesis. In *Handbook of behavioral neuroscience* (Vol. 25, pp. 23-34). Elsevier.
- Linhart, P., Ratcliffe, V. F., Reby, D., & Špinka, M. (2015). Expression of emotional arousal in two different piglet call types. *PloS one*, 10(8), e0135414.
- Meagher, R. K., Beaver, A., Weary, D. M., & von Keyserlingk, M. A. (2019). Invited review: A systematic review of the effects of prolonged cow-calf contact on behavior, welfare, and productivity. *Journal of dairy science*, 102(7), 5765-5783.
- Mellor, D. J. (2016). Updating animal welfare thinking: Moving beyond the "Five Freedoms" towards "a Life Worth Living". *Animals*, 6(3), 21.
- Moore, R. K., Marxer, R., & Thill, S. (2016). Vocal interactivity in-and-between humans, animals, and robots. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 61.
- Navon, S., Mizrach, A., Hetzroni, A., & Ungar, E. D. (2013). Automatic recognition of jaw movements in free-ranging cattle, goats and sheep, using acoustic monitoring. *Biosystems Engineering*, 114(4), 474-483.
- Neethirajan, S. (2021). Happy cow or thinking pig? Wur wolf—facial coding platform for measuring emotions in farm animals. *AI*, 2(3), 342-354.
- Panksepp, J. (2005). Affective consciousness: Core emotional feelings in animals and humans. *Consciousness and cognition*, 14(1), 30-80.
- Proctor, H. S., & Carder, G. (2015). Measuring positive emotions in cows: Do visible eye whites tell us anything?. *Physiology & behavior*, 147, 1-6.
- Reby, D., Wyman, M. T., Frey, R., Passilongo, D., Gilbert, J., Locatelli, Y., & Charlton, B. D. (2016). Evidence of biphonation and source-filter interactions in the bugles of male North American wapiti (*Cervus canadensis*). *Journal of Experimental Biology*, 219(8), 1224-1236.
- Reefmann, N., Wechsler, B., & Gyax, L. (2009). Behavioural and physiological assessment of positive and negative emotion in sheep. *Animal Behaviour*, 78(3), 651-659.
- Ruggieri, V. L. (2013). Empatía, cognición social y trastornos del espectro autista. *Revista de neurología*, 56(1), 13-21.
- Schnaider, M. A., Heidemann, M. S., Silva, A. H. P., Tacconeli, C. A., & Molento, C. F. M. (2022). Vocalization and other behaviors as indicators of emotional valence: The case of cow-calf separation and reunion in beef cattle. *Journal of Veterinary Behavior*, 49, 28-35.

- Silva, M., Exadaktylos, V., Ferrari, S., Guarino, M., Aerts, J. M., Berckmans, D. (2009). The influence of respiratory disease on the energy envelope dynamics of pig cough sounds. *Computers and electronics in agriculture*, 69(1), 80-85.
- Shorten, P. R., & Hunter, L. B. (2023). Acoustic sensors for automated detection of cow vocalization duration and type. *Computers and Electronics in Agriculture*, 208, 107760.
- Tate, A. J., Fischer, H., Leigh, A. E., & Kendrick, K. M. (2006). Behavioural and neurophysiological evidence for face identity and face emotion processing in animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 361(1476), 2155-2172.
- Vandermeulen, J., Bahr, C., Johnston, D., Earley, B., Tullo, E., Fontana, I., & Berckmans, D. (2016). Early recognition of bovine respiratory disease in calves using automated continuous monitoring of cough sounds. *Computers and Electronics in Agriculture*, 129, 15-26.
- Watts, J. M., & Stookey, J. M. (2000). Vocal behaviour in cattle: the animal's commentary on its biological processes and welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 67(1-2), 15-33.
- Wildridge, A. M., Thomson, P. C., Garcia, S. C., Jongman, E. C., & Kerrisk, K. L. (2020). Transitioning from conventional to automatic milking: Effects on the human-animal relationship. *Journal of dairy science*, 103(2), 1608-1619.