

# EL BÚFALO DE AGUA

EN LAS

# AMÉRICAS

Comportamiento y productividad



- Daniel Mota Rojas • Agustín Orihuela • Fabio Napolitano
- Ada Braghieri • Marcelo Ghezzi • Ana C. Strappini
- Isabel Guerrero Legarreta • Adolfo Álvarez • Alfredo M.F. Pereira
- Danilda Hufana • Adriana Domínguez • Julio Martínez Burnes

## Editores

# EL BÚFALO DE AGUA EN LAS AMÉRICAS

## Comportamiento y Productividad

### DIRECTORES EDITORIALES



5<sup>a</sup>. Edición

#### DIRECTOR EDITORIAL Prof. Dr. Daniel Mota-Rojas (México)

Profesor Investigador. Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana (México). Comisionado del Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud. Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias y de la Academia Veterinaria Mexicana.

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONAHCYT en México (nivel 3).

Miembro de Comités Editoriales en las revistas: "CABI Reviews", de la editorial CABI, UK; de la revista "Journal of Buffalo Science" de LifeScience Global (Canadá); y de las revistas "Animals" y "Veterinary Sciences" de la editorial MDPI (Suiza).

Editor Asociado de las revistas "Frontiers in Veterinary Science" y Editor Asociado de la revista "Frontiers in Comparative Psychology", (Suiza).

Es autor de más de 260 artículos científicos consignados en SCOPUS con más de 4000 citas y un h-index de 35.

Editor en Jefe del libro en inglés titulado: "Water Buffalo Welfare, Strategies to Improve Health, Behavior, Productivity, and Food Quality and Safety", Editorial MDPI. (Suiza) y Editor en Jefe del Libro "Bienestar animal" Editorial Elsevier (España) en sus cuatro ediciones. Además, ha contribuido como coautor en tres destacados libros: 1) "The Water Buffalo (*Bubalus bubalis*)" editorial MDPI (Suiza), 2) "Biotechnological Applications in Buffalo Research", editorial Springer (Alemania) y 3) "Behavior and Heat Stress" editorial Frontiers, (Suiza).

#### DIRECTOR EDITORIAL

#### Prof. Dr. Agustín Orihuela (México)



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. Es autor de más de 160 artículos científicos consignados en SCOPUS con 2300 citas y un h-index de 24.

Conferencista y revisor internacional de artículos científicos en diversas editoriales internacionales. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONAHCYT en México (Investigador Nacional Emérito). Editor del libro "El búfalo de agua en Latinoamérica, hallazgos recientes", en sus diferentes ediciones (2017, 2019, 2020 y 2022). Autor destacado en el libro "Biotechnological Applications in Buffalo Research", editorial Springer (Alemania).

#### DIRECTOR EDITORIAL

#### Prof. Dr. Fabio Napolitano (Italia)

Profesor investigador. Escuela de Ciencia Agrícola, Forestal, Alimentaria y Ambiental (SAFE), Università degli Studi della Basilicata (UNIBAS). Italia.

Doctorado en Ciencias de la Producción Animal en el área Bienestar de los Animales Domésticos. Comisionado del Doctorado en Ciencias Agrícolas (STAFa) en la UNIBAS en donde dirigió la línea de investigación: Bienestar de los Animales Domésticos y Calidad de los Productos. Docente de Posgrado, impartió los cursos de Producción Animal Sustentable y Producción Orgánica y Bienestar Animal. Fue integrante del grupo de trabajo del bienestar de las ovejas de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA).

Es autor de más de 170 artículos científicos consignados en SCOPUS con 4500 citas y un h-index de 37. Fue editor en Jefe de la revista "Journal of Buffalo Science" Lifescience Global, Canadá. Experto en ciencia del comportamiento, alimentación y bienestar de pequeños y grandes rumiantes con énfasis en búfalo de agua. Editor de los libros "El búfalo de agua en Latinoamérica, hallazgos recientes", y "El búfalo de agua en la Américas: comportamiento y productividad" en sus cuatro ediciones previas.





# Coeditores



**Prof. Dra. Ada Braghieri.** Profesora Asociada en el Departamento de Ciencias Agrícolas, Forestales, Alimentarias y Ambientales de la Università degli Studi della Basilicata, **Italia**. Imparte cursos sobre Zootecnia, Paisaje y Producción Animal. Sus áreas de investigación incluyen: análisis sensorial de productos de origen animal, producción ganadera sostenible y comportamiento de pastoreo en razas autóctonas.



**Dra. Ana Carolina Strappini.** Investigadora Senior del Departamento Animal Health & Welfare, Wageningen Livestock Research, Wageningen University & Research, **Países Bajos**. Sus principales líneas de investigación están relacionadas al comportamiento y bienestar de bovinos de carne y leche, y al desarrollo de indicadores no invasivos de bienestar animal.



**Dr. Adolfo Álvarez Macías.** Doctor en Agronomía por la Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Francia. Profesor-Investigador titular del Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana, **México**. Sus temáticas de estudio son: sistemas pecuarios, sustentabilidad y cambio climático, seguridad alimentaria y economía agroalimentaria. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONAHCYT en México (nivel II).



**Dra. Danilda Hufana Duran.** Perteneció al programa Prometeo del SENESCYT en **Ecuador** y es investigadora de la Reproducción y Fisiología en el Philippine Carabao Center, del Departamento de Agricultura en **Filipinas**. Es biotecnóloga reproductiva en búfalos y ganado, facilitando la producción de animales genéticamente superiores para mejorar la productividad ganadera.



**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 y de la Sociedad Mexicana de Patólogos Veterinarios. Ha impartido cátedra de Patología General y Sistémica en Licenciatura y Posgrado. Experto en neonatología y patología de grandes especies.



**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**. Experto en anatomía, bienestar animal y producción bovina-bufalina.



**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 CONAHCYT en México (nivel III). Experta en ciencia de los alimentos y bienestar del búfalo de agua.



**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.



**M.Sc. C.Dr. Adriana Domínguez Oliva.** Integrante del grupo "Neurobiología del Comportamiento y Bienestar Animal". Universidad Autónoma Metropolitana. **México**. Sus áreas de interés son comunicación animal, emociones, expresiones faciales y comportamiento termorregulador en mamíferos.



# EL BÚFALO DE AGUA

## EN LAS AMÉRICAS

5<sup>a.</sup> edición

Dear Readers,

The editors of “El Búfalo de Agua en las Américas” are honored to feature the invaluable contributions of the distinguished **Dr. Temple Grandin, Professor Emerita at Colorado State University (USA)**, in this fifth edition. Her distinguished career and unwavering commitment to the study of animal behavior and welfare have profoundly enriched this book, bringing a fresh, innovative perspective and rigorous scientific depth to a dozen key chapters. Her intellectual generosity and relentless dedication to advancing animal welfare not only elevate the quality of this work but also make her contribution a true privilege for both readers and scholars alike.



**Professor Emerita**  
**Prof. Dr. Temple Grandin**  
**Colorado State University**  
**(USA).**

*Photograph taken by Kelly Buster, courtesy of Cheryl Miller.*

In this new edition, **Prof. Dr. Grandin** has provided high-value scientific content on critical topics, including: "Behavior and Welfare of the Dairy Buffalo", "Animal Welfare Legislation for Buffalo Transport", "Buffalo Welfare During Parturition and Calf Rearing", "The Neurobiology of the Mother-Calf Bond", "Perinatology and Obstetrics in Buffalo", "The Importance of Human-Animal Interaction in Water Buffalo Productivity", among other topics.



Furthermore, we sincerely acknowledge and deeply appreciate her invaluable contributions to key chapters in previous editions, which continue to be highly relevant and influential in this fifth edition. These include in-depth discussions on "The Importance of *Ante-Mortem* Factors and their influence on Buffalo Meat Quality", "Pain and Sensitization at the time of Death", and "The Significance of Stunning and Humane Slaughter in Water Buffalo".

For the editors and authors of this work, having **Prof. Temple Grandin** as a **distinguished author**, is not only an exceptional privilege but also a source of immense pride. The extensive expertise and vision of Dr. Grandin, alongside contributions from over 100 leading experts from all over the world, have been fundamental in establishing this edition as a technical and scientific reference in the study and management of water buffalo in the Americas. Her insights have enriched this work, offering a comprehensive approach that integrates science, ethics, and practical applications in the field.

As part of our commitment to open-access knowledge, this edition will be freely available in digital format across all Spanish-speaking countries, reaching more than 120 veterinary, agricultural, and zootechnical schools and faculties throughout Ibero-America. This broad dissemination aims to strengthen the academic and technical training of students, researchers, and producers, fostering a more ethical, sustainable, and scientifically grounded approach to water buffalo farming. We reaffirm our deep appreciation for **Dr. Temple Grandin's collaboration**, as she remains one of the most influential figures in the world of animal behavior and welfare.

Her groundbreaking work has revolutionized the way industry, academia, and producers understand and handle farm animals, emphasizing the importance of positive human-animal relationships. Her unique perspective and tireless efforts to promote more ethical and humane animal production have earned her global recognition, inspiring generations of scientists and animal welfare advocates. We invite our readers to explore more about her extraordinary legacy and contributions by visiting her official website: [www.grandin.com](http://www.grandin.com)

The Editors



# EL BÚFALO DE AGUA

## EN LAS AMÉRICAS

5<sup>a.</sup> edición

### Apreciados lectores

Los editores de **El Búfalo de Agua en las Américas** tenemos el honor de contar con la invaluable contribución de la distinguida **Dra. Temple Grandin profesora emérita** de la “Colorado State University” en los Estados Unidos, en esta quinta edición. Su excepcional trayectoria y su inquebrantable compromiso con el estudio del comportamiento y bienestar animal han enriquecido significativamente esta obra, aportando una visión innovadora y un profundo conocimiento a mas de una decena de capítulos clave. Su generosidad intelectual y su incansable dedicación a mejorar la vida de los animales hacen de su participación un verdadero privilegio para este libro.



**Profesora Emérita**  
**Prof. Dr. Temple Grandin**  
**Colorado State University**  
**(USA).**

*Fotografía tomada por Kelly Buster, cortesía de Cheryl Miller.*

En esta quinta edición, la **profesora Temple Grandin** ha contribuido con contenido de alto valor científico en temas como “El comportamiento y bienestar de la búfala lechera”, “Legislación sobre bienestar animal durante el transporte de búfalos”, “El bienestar de la búfala durante el parto y la crianza del bucerro”, “Neurobiología del vínculo madre-cría”, “Aspectos perinatológicos y obstétricos en la búfala”, “La importancia de la interacción humano-animal en la productividad del búfalo de agua”, entre otros temas.





Además, reiteramos nuestro reconocimiento por sus valiosas aportaciones en ediciones anteriores y que siguen vigentes en esta quinta edición, donde la Prof. Temple aborda con profundidad científica temas como “La importancia de los factores *antemortem* y como influyen en la calidad de la carne de búfalo”, “El dolor y sensibilización durante la muerte”, “La importancia del aturdimiento y matanza humanitaria del búfalo de agua”.

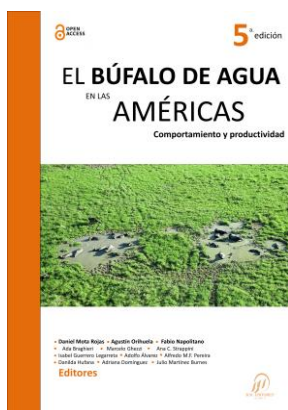
Para la Editorial BM Editores, los directores editoriales y autores de esta obra, contar con la **profesora Temple Grandin** como autora distinguida, es un privilegio excepcional y un motivo de orgullo.

La vasta experiencia y visión de la profesora Dra. Temple Grandin, junto con la de más de 100 autores expertos en la materia, han sido pilares fundamentales para consolidar esta quinta edición como una referencia técnica y científica en el estudio y manejo del búfalo de agua en las Américas. Su aporte ha enriquecido esta obra, dotándola de un enfoque integral que combina ciencia, ética y aplicabilidad en el campo. En un esfuerzo por democratizar el conocimiento, esta edición será distribuida gratuitamente en formato digital y de libre acceso en todos los países de habla hispana, llegando a más de 120 escuelas y facultades de Medicina Veterinaria, Agricultura y Zootecnia de Iberoamérica interesadas en la especie. Esta amplia difusión busca fortalecer la formación académica y técnica de estudiantes, investigadores y productores de Iberoamérica, promoviendo una ganadería bufalina más ética, sostenible y respaldada por evidencia científica.

Reiteramos el privilegio de contar en esta obra con la colaboración de la **Dra. Temple Grandin**, una de las figuras más influyentes a nivel mundial en el ámbito del comportamiento y bienestar animal. Su legado ha revolucionado la manera en que la industria, la academia y los productores comprenden y manejan a los animales de granja y favorecen la interacción humano-animal positiva. Su perspectiva única y su incansable labor en pro de producir alimentos de origen animal de forma más ética, han sido reconocidas internacionalmente, inspirando a generaciones de científicos, miles de estudiantes de bienestar animal y un sin número de defensores de los derechos de los animales. Invitamos a nuestros lectores a conocer más sobre la extraordinaria trayectoria de la Prof. Temple Grandin y sus contribuciones visitando su sitio web oficial: [www.grandin.com](http://www.grandin.com)

**Los Editores**





# Índice

## El Búfalo de Agua en las Américas

Quinta edición 2024

### Sección I. ZOOTECNIA DE BÚFALOS DE AGUA Y SUSTENTABILIDAD

#### CAPÍTULO 1

Conociendo al búfalo de agua, un análisis comparativo con el ganado bovino convencional: Aspectos zootécnicos y morfofisiológicos ..... 39

#### CAPÍTULO 2

Bases para la gestión integral y sustentable de sistemas doble propósito de búfalo de agua en el trópico húmedo ..... 65

#### CAPÍTULO 3

Comportamiento y bienestar de la búfala lechera..... 109

#### CAPÍTULO 4

La búfala de agua en la producción de leche: una perspectiva global..... 135

#### CAPÍTULO 5

El búfalo de agua en la producción de carne: una perspectiva global..... 165

#### CAPÍTULO 6

La carne de búfalo de agua en las Américas: retos y oportunidades ..... 199

#### CAPÍTULO 7

Manejo integral de búfalos de agua: Nutrición, genética, sanidad y reproducción en sistemas de doble propósito ..... 219



## CAPÍTULO 8

Precios de mercado, mano de obra, indicadores zootécnicos, infraestructura y manejo sanitario en sistemas de producción de búfalo de agua doble propósito ....	241
--	-----

## CAPÍTULO 9

El rol oculto de los animales de trabajo en el medio rural: Un enfoque en su bienestar .....	263
--	-----

## CAPÍTULO 10

Estrategias de crecimiento en sistemas de producción de búfalo de agua doble propósito en el trópico latinoamericano .....	289
--	-----

## CAPÍTULO 11

Producción integral del búfalo de agua: aspectos básicos de la obstetricia, impronta, lactancia, ciencia de la carne y normativa .....	309
--	-----

## CAPÍTULO 12

La adaptación del búfalo al entorno tropical de América Latina: análisis bajo una visión agroecológica .....	347
--	-----

## CAPÍTULO 13

Legislación sobre el bienestar animal durante el transporte: el caso del búfalo de agua .....	369
---	-----

## Sección II. DESEMPEÑO REPRODUCTIVO, PERINATAL Y DE LA LACTANCIA

## CAPÍTULO 14

Factores intrínsecos que afectan el desempeño reproductivo de la búfala de agua .....	399
---	-----

## **CAPÍTULO 15**

Factores extrínsecos que afectan el desempeño reproductivo de la búfala de agua .....	<b>421</b>
---	------------

## **CAPÍTULO 16**

Bienestar de la búfala durante el parto y ordeño: aspectos fisiológicos y conductuales.....	<b>441</b>
---	------------

## **CAPÍTULO 17**

Aspectos críticos de la salud reproductiva en búfalas de agua: Un análisis perinatólogo y ginecobstétrico .....	<b>475</b>
---	------------

## **CAPÍTULO 18**

Interacción entre los factores de riesgo maternos y fetales en la ocurrencia de mortinatos en búfalas de agua .....	<b>495</b>
---	------------

## **CAPÍTULO 19**

El calostro en la búfala de agua: Fundamentos nutricionales, inmunológicos y fisicoquímicos en la etapa neonatal .....	<b>517</b>
--	------------

## **CAPÍTULO 20**

Biología de la regulación térmica del búfalo de agua en sus primeras horas de vida .....	<b>535</b>
--	------------

## **CAPÍTULO 21**

La impronta en la búfala y otros animales de granja: mecanismos neurofisiológicos .....	<b>577</b>
---	------------

## **CAPÍTULO 22**

Hipótesis biológicas del aloamamantamiento: Un análisis conductual .....	<b>615</b>
--	------------

## CAPÍTULO 23

Importancia de la interacción madre-cría en los sistemas bufalinos de leche..... 647

## CAPÍTULO 24

Arquitectura y dinámica funcional de la glándula mamaria en la búfala de agua ..... 667

## CAPÍTULO 25

Estrategias innovadoras para la ruptura del vínculo madre-cría en cebú y búfalo de agua: Equilibrio entre productividad y bienestar ..... 697

## CAPÍTULO 26

Sincronía neuroendocrina en la eyección láctea de búfalas de agua: Una perspectiva aplicada al ordeño y uso de oxitocina ..... 721

## CAPÍTULO 27

Sistemas de ordeño manual y mecánico: Ventajas, desafíos y su influencia en la productividad y el bienestar animal ..... 751

## Sección III. INTERACCIÓN HUMANO-ANIMAL, TERMORREGULACIÓN, SALUD y AMBIENTE

## CAPÍTULO 28

Relevancia de la interacción humano-animal en la productividad del búfalo de agua ..... 771

## CAPÍTULO 29

Conexiones entre la ganadería y el cambio climático: Exploración de retos y soluciones ..... 795



## **CAPÍTULO 30**

Termorregulación del búfalo de agua: mecanismos neurobiológicos, cambios microcirculatorios y aplicaciones prácticas de la termografía infrarroja ..... **823**

## **CAPÍTULO 31**

Aplicaciones clínicas de la termografía infrarroja y validación de ventanas térmicas en ganado vacuno y búfalo de agua para evaluar la salud y productividad ..... **847**

## **CAPÍTULO 32**

Termografía infrarroja, un enfoque innovador para la valoración reproductiva en búfalos de agua ..... **879**

## **CAPÍTULO 33**

Influencia de la sombra natural y artificial en el bienestar del búfalo de agua, bovino europeo y bovino índico: Perspectivas ambientales, fisiológicas y conductuales ..... **901**

## **CAPÍTULO 34**

Calentamiento global: efectos fisiológicos y conductuales en los búfalos de agua ..... **937**

## **CAPÍTULO 35**

Hallazgos recientes del proceso salud-enfermedad en búfalo de agua: Enfermedades Virales ..... **969**

## **CAPÍTULO 36**

Hallazgos recientes del proceso salud-enfermedad en búfalo de agua: Enfermedades bacterianas y parasitarias..... **995**

## **CAPÍTULO 37**

Perspectivas y desafíos del MVZ en la producción bufalina, aseguramiento alimentario y salud pública ..... **1023**

## Sección IV. FACTORES ANTEMORTEM, CALIDAD DE LA MUERTE Y CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

### CAPÍTULO 38

Interrelación entre las condiciones de transporte, el bienestar animal y la calidad de la carne en búfalos de agua .....	1043
--	------

### CAPÍTULO 39

Bioquímica del músculo en el búfalo de agua: Factores <i>antemortem</i> y su relación con la calidad cárnica .....	1065
--	------

### CAPÍTULO 40

Eficacia del aturdimiento en búfalos de agua: Indicadores neurológicos de sensibilidad durante el proceso de muerte .....	1095
---	------

### CAPÍTULO 41

Percepción del dolor y calidad de la muerte durante la matanza de búfalos de agua y reses .....	1131
---	------

### CAPÍTULO 42

Del músculo a la carne: Transformación enzimática <i>antemortem</i> y <i>postmortem</i> y su efecto en la calidad sanitaria y comercial de la carne de búfalo de agua .....	1165
---	------

### CAPÍTULO 43

Propiedades fisicoquímicas y funcionales de la carne de búfalo de agua .....	1203
--	------

### CAPÍTULO 44

Autenticidad y seguridad de la carne de búfalo de agua: Análisis nutricional, sensorial y tecnologías de conservación .....	1229
---	------

# Índice

## CAPÍTULO 45

Propiedades fisicoquímicas de la leche de búfala..... **1253**

## CAPÍTULO 46

Queso mozzarella: inocuidad, adulteración, comercialización y perspectivas a futuro..... **1269**

## CAPÍTULO 47

Tecnologías emergentes para mejorar la carne y con potencial de uso en la industria del búfalo de agua ..... **1293**

Cuarta de forros ..... **1322**







5<sup>a.</sup> edición

EDITORES EN JEFE

# EL BÚFALO DE AGUA

## EN LAS AMÉRICAS

Los directores editoriales dedicamos con profundo respeto y admiración esta **quinta edición** a **Fabio Napolitano**, eminente académico y pionero en producción animal sostenible, producción orgánica y bienestar animal, con un enfoque especial en rumiantes, incluido el búfalo de agua. Desde la primera edición, hace más de una década, el **Prof. Dr. Napolitano** fue el motor y la guía de esta obra, sentando las bases para su consolidación como referencia científica y técnica en la especie. Con orgullo Fabio afirmaba que este libro perfectamente ilustrado era el texto de referencia para las Américas, reflejando su compromiso con la difusión del conocimiento y la mejora continua de la producción bufalina. Asimismo, su labor como Editor en Jefe del *Journal of Buffalo Science* de Lifescience Global, Canadá, hasta su fallecimiento, dejó una huella indeleble en el avance del conocimiento sobre esta especie. La quinta edición de **El Búfalo de Agua en las Américas** representa un hito en la literatura científica y técnica sobre la especie. Con 47 capítulos elaborados por cerca de 100 colaboradores de 30 países, más de 250 ilustraciones y más de 1,300 páginas, este libro se consolida como una referencia imprescindible en América Latina para ganaderos, médicos veterinarios, zootecnistas e investigadores. Además, su profundidad académica y enfoque multidisciplinario la convierten en un valioso libro de texto para la formación de estudiantes de Veterinaria, Agronomía y Zootecnia. En un contexto donde los programas educativos integran cada vez más los sistemas alternativos de producción, el bienestar animal, la sostenibilidad, la calidad de la leche y la carne de búfalo, así como el impacto ambiental y el desarrollo regional; esta obra latinoamericana seguirá siendo un referente clave en la formación de nuevas generaciones comprometidas con el futuro de la producción pecuaria.

