

Caracterización del sistema búfalo de agua en dos regiones del trópico húmedo de México

Characterization of the Water Buffalo Production System in Two Regions of Mexico's Humid Tropics

Abimael García-Hernández¹ , Pablo Díaz-Rivera² , Germán D. Mendoza-Martínez³ , Luis M. Vargas-Villamil¹ , Adolfo Bucio-Galindo¹ , Jesús A. Ramos-Juárez^{1*} 

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km. 3. CP. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Km. 88.5 Carretera Federal. Xalapa-Veracruz, Predio Tepetates. CP. 91690. M. F. Altamirano, Veracruz. México.

³Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, CP. 04960. Delegación Coyoacán, Ciudad de México, México.

*Autor de correspondencia: ramosj@colpos.mx

Nota científica

Recibida: 30 de agosto 2024

Aceptada: 17 de febrero 2026

RESUMEN. Se caracterizaron los sistemas de producción de búfalo de agua en dos regiones del trópico húmedo de México: Olmeca (Veracruz) y Grijalva (Tabasco). Se aplicaron entrevistas semiestructuradas a productores. El análisis descriptivo incluyó tablas de frecuencia y porcentajes para variables cualitativas y la prueba t de Student para variables cuantitativas. En Veracruz predominó la orientación cárnica, mientras que en Tabasco el sistema fue de doble propósito. La edad a la primera monta fue de 21.2 ± 3.11 meses en Veracruz y 18.8 ± 2.12 meses en Tabasco. La producción de leche fue mayor en Veracruz (4.0 ± 1.00 L animal⁻¹ día⁻¹) que en Tabasco (3.5 ± 0.55 L animal⁻¹ día⁻¹), aunque el precio fue superior en Tabasco. Se evidencian diferencias productivas asociadas al manejo regional.

Palabras clave: *Bubalus bubalis*, sistema de producción, unidades de producción, trópico húmedo mexicano, caracterización productiva.

ABSTRACT. Water buffalo production systems were characterized in two regions of Mexico's humid tropics: Olmeca (Veracruz) and Grijalva (Tabasco). Semi-structured interviews were applied to producers. Descriptive analysis included frequency tables and percentages for qualitative variables and Student's t-test for quantitative variables. In Veracruz, a meat-oriented system predominated, whereas in Tabasco the system was dual-purpose. At first, mating age was 21.2 ± 3.11 months in Veracruz and 18.8 ± 2.12 months in Tabasco. Milk production was higher in Veracruz (4.0 ± 1.00 L animal⁻¹ day⁻¹) than in Tabasco (3.5 ± 0.55 L animal⁻¹ day⁻¹), although the price was higher in Tabasco. Productive differences associated with regional management were evident. **Keywords:** *Bubalus bubalis*, production system, production units, Mexican humid tropics, productive characterization.

INTRODUCCIÓN

El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) es una especie originaria de Asia, ampliamente distribuida en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Grazziotto *et al.* 2020). En 2021, la población mundial se estimó en 205 millones de cabezas. Según la FAO (2024), el continente asiático concentra el 97% del total, destacando India, China y Pakistán como los principales países productores. Mientras que África alberga el 2.08% de la población, en tanto que América y Europa participan con el 0.71 y 0.17%, respectivamente. En el continente Americano, Brasil posee el mayor inventario de búfalos, seguido por Argentina, Venezuela y Colombia.

En las últimas décadas, la producción de búfalos de agua ha tenido un auge en las zonas tropicales húmedas del mundo (Bertoni *et al.* 2021). Esta especie se adapta bien a las condiciones ambientales de estas regiones, caracterizadas por altas temperaturas, alta humedad, con suelos ricos en arcilla y materia orgánica, zonas bajas y forrajes de baja calidad (Mitat 2011). Durante la época de lluvias, estos terrenos se suelen transformar en áreas pantanosas e inundadas, proporcionando un hábitat ideal para los búfalos de agua (Bertoni *et al.* 2019). En contraste, a las dificultades que enfrenta la ganadería bovina en estas condiciones, los búfalos de agua encuentran un medio favorable para su desarrollo productivo (Bertoni *et al.* 2021). Estas capacidades adaptativas están directamente relacionadas con sus características físicas, anatómicas y fisiológicas, permitiéndoles un desarrollo eficiente en las zonas bajas del trópico húmedo (Barboza 2011, Napolitano *et al.* 2020).

En los últimos años, el búfalo de agua ha emergido como una alternativa ganadera prometedora para las regiones tropicales húmedas de México (Rodríguez-González *et al.* 2022). Esta especie ha demostrado capacidad de adaptación y sobresaliente eficiencia productiva utilizando recursos forrajeros de baja calidad (Álvarez *et al.* 2005). Las zonas tropicales húmedas de México que han avanzado en la producción de búfalos de agua comprenden desde el sur de Veracruz hasta Campeche, pasando por Tabasco y la parte norte de Chiapas (Mota-Rojas *et al.* 2020). Según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, los estados de Veracruz, Tabasco, Campeche, Chiapas y Oaxaca han registrado el mayor crecimiento poblacional de búfalos de agua en México. Sin embargo, la información disponible sobre las características productivas, reproductivas y sanitarias de este sistema es limitada (SADER 2024).

La caracterización de los sistemas de producción (SP) permite evaluar su estructura, nivel tecnológico, potencial y limitaciones, así como comparar su desempeño en distintos contextos geográficos y climáticos a escala nacional e internacional (Vilaboa y Díaz 2009). Por lo tanto, es fundamental describir y comprender las características de las unidades de producción (UP) en las regiones del trópico húmedo de México. El objetivo de este estudio fue caracterizar el sistema de producción de búfalo de agua en dos regiones del trópico húmedo mexicano (región Olmeca de Veracruz y región Grijalva de Tabasco), con énfasis en aspectos productivos, reproductivos, sanitarios y socioeconómicos, a fin de generar información útil para el diseño de estrategias de desarrollo regional y mejora del sistema bufalino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en dos regiones del trópico húmedo de México, la región Olmeca, ubicada en el sur del estado de Veracruz y la región hidrológica del Grijalva del estado de Tabasco. Las unidades de producción (UP) estudiadas dentro de la región Olmeca, se localizaron en dos municipios y en la región Grijalva, en tres municipios.

En la región Olmeca, el primer municipio fue Hidalgotitlán, ubicado en la zona sur del estado de Veracruz, localizado entre los paralelos 17° 19' y 17° 51' de latitud norte; los meridianos 94° 26' y 94° 51' de longitud oeste; a una altitud entre 10 y 300 msnm. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (100%) según la clasificación climática de Köppen (García 2004). Presenta un rango de precipitación de 1 900 - 2 600 mm y un rango de temperatura de 24 - 26 °C. Los suelos dominantes son el Luvisol (76.10%), Gleysol (16.67%) y Fluvisol (5.20%) (INEGI 2010). El segundo municipio fue Minatitlán, localizado entre los paralelos 17° 19' y 18° 06' de latitud norte; los meridianos 94° 07' y 94° 39' de longitud oeste; a una altitud entre 5 y 400 msnm. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (100%) según la clasificación climática de Köppen (García 2004). Presenta un rango de precipitación de 1 900 - 2 600 mm y un rango de temperatura de 24 - 28 °C. Los suelos dominantes son el Luvisol (62.47%), Gleysol (24.59%), Acrisol (4.02%), Fluvisol (4.30%), Vertisol (0.15%), Umbrisol (0.10%) y Cambisol (0.06%) (INEGI 2010).

En la región Grijalva, el primer municipio estudiado fue Huimanguillo ubicado en la subregión Chontalpa. Se localiza entre los paralelos 17° 18' y 18° 13' de latitud norte; los meridianos 93° 17' y 94° 08' de longitud oeste; a una altitud entre 0 y 1 100 m. El clima es Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (60.03%) y cálido húmedo con lluvias todo el año (39.97%) según la clasificación climática de Köppen (García 2004). Presenta un rango de precipitación de 2 000 - 3 500 mm y un rango de temperatura de 22 - 28 °C. Los suelos dominantes son el Gleysol (33.35%), Luvisol (16.89%), Vertisol (16.84%), Phaeozem (14.20%), Cambisol (8.33%), Andosol (5.28%), Arenosol (2.00%), Acrisol (0.88%) y Regosol (0.81%) (INEGI 2010).

El segundo municipio fue Centro ubicado en la subregión Centro. Se localiza entre los paralelos 17° 42' y 18° 21' de latitud norte; los meridianos 92° 34' y 93° 16' de longitud oeste; a una altitud entre 0 y 100 m. El clima es Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (93.13%) y cálido húmedo con lluvias todo el año (6.87%) según la clasificación climática de Köppen (García 2004). Presenta un rango de precipitación de 1 500 - 3 000 mm y un rango de temperatura de 24 - 28 °C. Los suelos dominantes son el Gleysol (66.47%), Cambisol (8.98%), Vertisol (4.80%), Acrisol (2.49%), Fluvisol (1.89%), Regosol (1.57%), Solonchak (1.12%) y Luvisol (0.38%) (INEGI 2010).

El tercer municipio fue Nacajuca ubicado en la subregión centro. Se localiza entre los paralelos 18° 00' y 18° 21' de latitud norte; los meridianos 92° 49' y 93° 04' de longitud oeste; a una altitud entre 0 y 100 m. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (100%) según la clasificación climática de Köppen (García 2004). Presenta un rango de precipitación de 1 500 - 2 500 mm y un rango de temperatura de 26 - 28 °C. Los suelos dominantes son el Gleysol (52.39%), Fluvisol (20.72%), Vertisol (16.39%), Solonchak (1.92%), Phaeozem (1.10%) y Regosol (0.12%) (INEGI 2010).

Selección de la muestra

La selección de las Unidades de producción (UP) se realizó por muestreo no probabilístico con base a la revisión de información e informantes clave (Productores e investigadores de la región). En los métodos de muestreo no probabilístico el investigador es quien elige la muestra (Abascal y Grande 2005). Las UP fueron seleccionadas por disposición a participar, accesibilidad geográfica y tenencia formal de búfalos. El cuestionario se aplicó al total de las unidades de producción (UP) identificadas $n = 21$; 13 en la región Olmeca y 8 en la región Grijalva.

Diseño y aplicación de cuestionario

Se elaboró un cuestionario semi-estructurado de acuerdo con la metodología propuesta por Vilaboa y Díaz (2009). El cuestionario constó de 118 preguntas, tanto cuantitativas como cualitativas, agrupadas en nueve secciones: 1. Aspectos generales (10), 2. Características de la unidad de producción (20), 3. Indicadores reproductivos (16), 4. Indicadores sanitarios (10), 5. Indicadores tecnológicos (19), 6. Manejo alimenticio (3), 7. Indicadores productivos (16), 8. Productos generados (20), 9. Limitantes y prospectivas de la producción (4). El cuestionario se aplicó entre septiembre de 2021 y septiembre 2022 mediante entrevistas directas a los productores en sus unidades de producción.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron a través de un enfoque descriptivo mediante tablas de frecuencia y porcentajes para las variables cualitativas. En el caso de las variables cuantitativas se usó la t de Student para ver las diferencias entre las medias. Se consideró para el estudio un nivel de significancia del 5% ($p \leq 0.05$). Todos los análisis se realizaron en el programa estadístico SPSS versión 15 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización general de los productores

En la región de Olmeca el 100% de los productores de búfalos son hombres, mientras que, en la región Grijalva, el 75% son hombres y el 25% mujeres. Con relación a la edad promedio de los productores, los años de escolaridad, la experiencia en el manejo de los búfalos y al número de integrantes de la familia, no se encontraron diferencias entre las dos regiones estudiadas (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales de los productores por región.

Región de estudio	Edad, años	Escolaridad, años	Experiencia, años	Integrantes de la familia
Olmeca ($n = 13$)	47.7 ± 10.08^a	13.3 ± 3.95^a	6.9 ± 2.04^a	4.1 ± 0.86^a
Grijalva ($n = 8$)	43.6 ± 9.43^a	15.5 ± 2.33^a	7.3 ± 3.96^a	4.3 ± 1.04^a

^{a, b} Valores con diferentes literales en la misma columna indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) de acuerdo con la prueba t de Student. *Media $\pm$ desviación estándar.

La edad de los productores del sistema bufalino en ambas regiones es menor a la reportada para productores de ganado bovino, quienes presentan edades promedio cercanas a los 50 años

(Orantes-Zebadúa *et al.* 2014). Este comportamiento es consistente con lo documentado en sistemas bovinos tradicionales en México.

El nivel de escolaridad de los productores evaluados es superior al promedio nacional (INEGI 2020) y a lo reportado en estudios previos en sistemas de producción bovina (Leos-Rodríguez *et al.* 2008, Hernández-Herrera *et al.* 2018, Granados-Rivera *et al.* 2018). De acuerdo con otros autores, los productores con menor escolaridad presentan una menor probabilidad de adopción de nuevas tecnologías en los sistemas de producción pecuaria (Salas-González *et al.* 2013, Granados-Rivera *et al.* 2018). La limitada experiencia de los productores refleja la reciente introducción del búfalo en Veracruz y Tabasco, coincidiendo con lo reportado por Maitret-Collado (2021) sobre la necesidad de consolidar prácticas de manejo en sistemas recién establecidos.

Características de la unidad de producción

Con relación a las razas de búfalos en las unidades de producción, se encontró que en la región Olmeca; el 38.5% tienen únicamente la raza Bufalipso, el 38.5% las razas Bufalipso, Murrah y Mediterránea, el 15.4% tienen las razas Murrah y Mediterránea y el 7.6% tienen las razas Bufalipso y Mediterránea. En la región Grijalva, se encontró que; el 37.5% tienen solo raza Bufalipso, el 50% tienen las razas Murrah y mediterránea y el 12.5% las razas Bufalipso, Murrah y Mediterránea.

En relación con las finalidades de los sistemas de producción, en la región Olmeca la principal finalidad es la producción de carne (61.5%), seguida por la de doble propósito (30.8%) y la producción de pie de cría (7.7%) para la venta de bucerros al destete. Mientras que, en la región Grijalva, la finalidad predominante es doble propósito (62.5%), seguida por la producción de carne (25%) y, en menor proporción, la de leche (12.5%). La tenencia de la tierra es de tipo privada (100%) para ambas regiones. En la región Olmeca, los productores destinan 2 102 ha para la producción del búfalo de agua, con un mínimo de 45 ha y un máximo de 600 ha; además, el 76.9% (n = 10) realiza otras actividades agropecuarias (cultivo de maíz y limón, engorda de bovinos y cerdos) en 570 ha. Por otra parte, en la región Grijalva, se destinan 1 659 ha, con un mínimo de 10 ha y máximo de 630 ha; también, el 37.5% (n = 3) realiza otro tipo de actividad agropecuaria, utilizando un total de 57 ha. Con respecto al inventario de búfalos, en la región Olmeca, los 13 productores encuestados concentran un total de 2 763 cabezas, de las cuales el 74.92% son hembras (352 bucerras, 323 bubillas, 957 búfalas en producción, 430 búfalas secas y 8 búfalas de desecho) y el 25.08% son machos (427 bucerros, 239 bubillos y 27 adultos). Mientras que, en la región Grijalva, los 8 productores encuestados concentran un total de 2396 cabezas, de las cuales el 78.46% son hembras (203 bucerras, 660 bubillas, 607 búfalas en producción, 385 búfalas secas y 25 búfalas de desecho) y el 21.54% son machos (195 bucerros, 284 bubillos y 37 adultos). En la región Grijalva, el promedio total de los hatos, hembras y machos es mayor con relación a la región Olmeca, con una mayor variación (Tabla 2). Las unidades de producción en ambas regiones no han recibido asistencia técnica ni ningún otro tipo de apoyo gubernamental para la producción de búfalos. En la región Olmeca, el 15.4% de los productores lleva un registro de la producción en sus unidades; mientras que, en la región Grijalva, el 12.5% de los productores realiza este registro.

En ambas regiones destaca la presencia de la raza Bufalipso, reconocida desde 1963 y desarrollada en Trinidad y Tobago. Esta raza se originó del cruzamiento de las razas Murrah, Jafarabadi, Nagpuri, Surti y Nili-Ravi, con fines de doble propósito para la producción de leche y carne

(Rosales-Rodríguez 2011). Mientras que Almaguer (2007) indica que el término deriva de la unión de *buffalo* y *calypso*, como un biotipo seleccionado productivamente. Así, la presencia de animales Bufalipso refleja una raza difundida en sistemas tropicales, con variabilidad fenotípica, pero de relevancia productiva en el hato. Además, se registraron ejemplares de las razas Murrah y Mediterránea, lo que evidencia la diversidad genética originalmente introducida en México, como ha sido documentado por Maitret-Collado (2021). La orientación productiva varía entre regiones, predomina el sistema de doble propósito en la región Grijalva y la producción de carne en la región Olmeca, un patrón similar al reportado en otras áreas del sureste mexicano (De la Cruz-Cruz *et al.* 2022, Mota-Rojas *et al.* 2019a, 2019b).

Tabla 2. Tipo de tenencia de la tierra, superficie y composición del hato bufalino por región.

Indicadores	Región de estudio	
	Olmeca (n = 13)	Grijalva (n = 8)
Tenencia de la tierra	Propiedad	Propiedad
Superficie Ganadera, ha	161.7 ± 150.32 ^a	207.4 ± 215.17 ^a
Superficie destinada a otra actividad agropecuaria, ha	57 ± 92.67 ^a	19 ± 26.88 ^a
Hato bufalino total	212.54 ± 197.96 ^a	299.50 ± 402.12 ^a
Hembras	159.23 ± 130.89 ^a	235.00 ± 303.54 ^a
Machos	53.31 ± 68.92 ^a	64.50 ± 100.94 ^a

^{a, b} Valores con diferentes literales en la misma hilera indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) de acuerdo con la prueba t de Student. * Media ± desviación estándar.

La composición de los hatos, principalmente de hembras, coincide con lo documentado por Martínez-Reina *et al.* (2020) y De la Cruz-Cruz *et al.* (2022), lo que respalda la sostenibilidad técnica y la continuidad reproductiva de las unidades. Asimismo, la tenencia privada de grandes extensiones de tierra refleja las condiciones típicas de pastoreo en el trópico, como se ha reportado en otros estudios (Martínez-Reina *et al.* 2020). La ausencia de asistencia técnica en las unidades productivas coincide con lo reportado por Espinosa-García *et al.* (2000) y Granados-Zurita (2011), quienes destacan que esta limitación reduce la implementación de registros productivos y la toma de decisiones en el manejo del hato.

Indicadores reproductivos

En ambas regiones, las unidades de producción utilizan la monta natural como principal método de apareamiento. Sin embargo, en la región Olmeca, el 7.7% de los productores también opta por la inseminación artificial, mientras que en la región Grijalva este porcentaje asciende al 25%. Además, en ambas regiones, se observa que el mayor número de pariciones ocurre durante la época de lluvias (julio-octubre). Los productores coinciden en que la etapa de desarrollo del búfalo de agua con mayor mortalidad es la de bucerro. La edad de la primera monta, el número de pariciones al año, la mortalidad, el peso al destete y la ganancia diaria de peso son similares entre las regiones ($P \geq 0.05$). Sin embargo, la longevidad de las búfalas en la región Grijalva fue superior ($P \leq 0.05$) en comparación con la región Olmeca. Además, la edad al destete en la región Olmeca fue mayor ($P \leq 0.05$) que en la región Grijalva (Tabla 3).

Tabla 3. Indicadores reproductivos por región.

Indicadores	Región de estudio	
	Olmecca (n = 13)	Grijalva (n = 8)
Edad primera monta, meses	21.2 ± 3.11 ^a	18.8 ± 2.12 ^a
Longevidad de la búfala, años	20.2 ± 3.14 ^a	24.4 ± 1.76 ^b
Parición año ⁻¹	87.4 ± 96.60 ^a	63.5 ± 74.42 ^a
Mortalidad año ⁻¹	1.9 ± 2.41 ^a	1.4 ± 2.37 ^a
Edad al destete, meses	8.1 ± 0.27 ^b	7.7 ± 0.51 ^a
Peso al destete, kg	223.08 ± 24.28 ^a	202.50 ± 26.59 ^a
Ganancia diaria de peso, kg d ⁻¹	1.09 ± 0.12 ^a	1.14 ± 0.17 ^a

^{a, b} Valores con diferentes literales en la misma hilera indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) de acuerdo con la prueba t de Student. * Media ± desviación estándar.

En ambas regiones, la reproducción se basa principalmente en monta natural, con uso ocasional de inseminación artificial, coincidiendo con lo reportado por De la Cruz-Cruz *et al.* (2022). El patrón estacional de nacimientos, concentrado entre julio y octubre, refleja la influencia de la luz y la disponibilidad de alimentos, lo que coincide con estudios previos (Martínez *et al.* 2009, Martínez-Reina *et al.* 2020, De la Cruz-Cruz *et al.* 2022) y sugiere una adaptación del ciclo reproductivo que mejora la supervivencia de los bucerros (Crudeli 2011). El índice de mortalidad menor al 1% es inferior a lo reportado por otros autores en búfalos (Hernández-Herrera *et al.* 2018, De la Cruz-Cruz *et al.* 2022), mientras que la ganancia diaria de peso y peso al destete concuerdan con lo documentado previamente (Hernández-Herrera *et al.* 2018, Martínez-Reina *et al.* 2020, De la Cruz-Cruz *et al.* 2022) y superan los valores en bovinos tropicales (Ruíz-Sesma *et al.* 2021), lo que podría relacionarse con la disponibilidad de pasto y la calidad de la leche de la búfala, factores determinantes del desempeño productivo en búfalos (Martínez *et al.* 2009, Crudeli 2011).

Indicadores sanitarios

En la región Olmecca, el 7.7% de las unidades de producción realiza el barrido de tuberculosis y brucelosis, mientras que, en la región Grijalva, el 37.5% lleva a cabo esta práctica. En cuanto al uso del arete SINIIGA, en la región Olmecca, el 92.3% de los productores lo utiliza, mientras que, en la región Grijalva, el porcentaje es del 62.5%. Además, en ambas regiones, el 100% de los productores manifiesta no haber presentado casos de mastitis o enfermedades en búfalos adultos; sin embargo, en la etapa de bucerro, en la región Grijalva, el 37.5% ha experimentado enfermedades. En la región Olmecca, los productores aplican un mayor ($P \leq 0.05$) número de desparasitaciones al año en la etapa de bucerro en comparación con la región Grijalva (3.77 ± 1.01 vs 2.38 ± 1.30). Sin embargo, en la etapa adulta, el número de desparasitaciones fue similar en ambas regiones (1.54 ± 0.52 vs 1.38 ± 0.52). En comparación con bovinos, los búfalos adultos presentan baja incidencia de enfermedades y ausencia de mastitis, lo que se atribuye a sus hábitos y morfofisiología que actúan como barreras frente a microorganismos; sin embargo, los bucerros muestran mayor susceptibilidad a infecciones respiratorias (Almaguer 2007, Sollecito *et al.* 2011, El-Ashker *et al.* 2015).

En la región Olmecca, los productores refirieron vacunar contra brucelosis, septicemia y derriengue, e indicaron utilizar vacunas comerciales como triple bacterina y 11 vías, mientras que en la región Grijalva reportaron vacunas contra brucelosis, leptospirosis, septicemia, derriengue y neumonía,

además de prácticas preventivas contra babesiosis; sin embargo, este último reporte fue únicamente auto informado por el productor y no fue posible verificar el biológico aplicado ni documentar el producto específico. Asimismo, indicaron marcas comerciales como Bar Vac®, Ultrabac® y 11 vías; no obstante, no precisaron qué biológico se aplica para cada enfermedad. Estos reportes reflejan que los esquemas se basan en protocolos para bovinos y carecen de estrategias adaptadas específicamente a búfalos.

Indicadores tecnológicos

En la región Olmeca, en comparación con la región Grijalva, las unidades de producción cuentan con una mayor proporción de corrales (92.3% vs. 37.5%), mangas de manejo (69.2% vs. 37.5%), cercos vivos (92.3% vs. 37.5%), postes (76.9% vs. 37.5%), cercos eléctricos (100% vs. 25%) y embarcaderos (84.6% vs. 37.5%). Sin embargo, en la región Grijalva, el uso de ordeñadoras mecánicas es mayor que en la región Olmeca (50% vs. 20%). La instalación de galeras y básculas de pesaje es menor y similar en ambas regiones. Las unidades de producción de ambas regiones cuentan con ríos, lagunas, charcos de lodo, represas y sombras naturales. En la región de Olmeca, las unidades de producción presentan mayor infraestructura de manejo, mientras que en la región Grijalva se observa un mayor uso de ordeñadoras mecánicas, lo que refleja la orientación productiva de cada región: carne en la región Olmeca y doble propósito en la región Grijalva, coincidiendo con lo reportado por Granados-Rivera *et al.* (2018). La disponibilidad de ríos, lagunas, charcos y sombras naturales en ambas regiones proporciona condiciones típicas del trópico húmedo que favorecen el bienestar del búfalo de agua. Estas características resaltan la importancia de ofrecer sombra y acceso a agua para regular la temperatura corporal y optimizar el rendimiento productivo (Marai y Haeeb 2010, Napolitano *et al.* 2013, Mota-Rojas *et al.* 2020a, 2020b).

Manejo alimenticio

En ambas regiones de estudio, el total de las unidades de producción (UP) utilizan el pastoreo como base para la alimentación. Las prácticas varían según la región; en la región Olmeca, el 30.8% de las UP realizan pastoreo continuo, mientras que el 69.2% opta por el pastoreo rotacional. En la región Grijalva, el 62.5% de las UP practica pastoreo continuo, el 25% prefiere el pastoreo rotacional y un 12.5% utiliza el pastoreo racional Voisin. Además, en ambas regiones, los pastos nativos son la fuente principal de pastura. Por otro lado, en la región Olmeca un 7.7% de las UP también emplea pastos mejorados; en contraste, en la región Grijalva, este porcentaje aumenta al 75%. Los pastos nativos son la base de la alimentación en ambas regiones. Los pastos nativos más comunes en la región Olmeca fueron: (*Paspalum fasciculatum* y *Axonopus compressus*); mientras que en la región Grijalva (*Paspalum fasciculatum*, *Hymenachne amplexicaulis* y *Paspalum notatum*). La utilización de pastos mejorados es mayor en la región Grijalva, en donde, destacan los pastos (*Brachiaria híbrido cv* y *Pennisetum purpureum*). En la región Olmeca los pastos mejorados más utilizados son (*Brachiaria brizantha* y *Brachiaria híbrido CIAT 36087*).

En las UP de la región Olmeca, la utilización de la suplementación alimenticia es menor (7.7%) que en la región Grijalva (25%). Sin embargo, la proporción que suministra sales minerales en el hato es mayor (93%), al igual que la aplicación de vitaminas en etapa de bucerros (53.8%), en comparación con la región Grijalva, donde solo el 37.5% aplica vitaminas a sus bucerros y el 50% utiliza sales minerales. La mayor frecuencia de suplementación en Grijalva es congruente con la

mayor proporción de unidades con orientación a doble propósito y prácticas asociadas al ordeño, que incrementan los requerimientos nutricionales y favorecen el uso de suplementos, vitaminas y minerales (De la Cruz-Cruz *et al.* 2022). El pastoreo es la base de la alimentación en ambas regiones; en la región Olmeca predomina el pastoreo rotacional y en la región Grijalva el continuo, coincidiendo con lo señalado por De la Cruz-Cruz *et al.* (2022), quienes reportan que el pastoreo continuo es la estrategia más común en el sureste de México. Los pastos nativos, aunque de menor valor nutricional, son mejor aprovechados por los búfalos que por el ganado bovino, debido a su mayor capacidad digestiva, tracto gastrointestinal más largo y masticación eficiente, lo que mejora la degradación de fibra (Singh *et al.* 1992, Bertoni *et al.* 2019, Mendes y Lima 2011).

Indicadores productivos

En la región Olmeca el 20% de las UP utiliza al bucerro para estimular la bajada de leche, y todos los productores que realizan el ordeño utilizan oxitocina con este fin. Ninguna unidad de producción proporciona suplementación durante el ordeño, y todos los productores llevan a cabo el proceso de forma manual. Sin embargo, el 20% de los productores que ordeñan también lo hacen de forma mecanizada. En la región Grijalva el 50% de las Unidades de Producción (UP) emplea al bucerro para estimular la bajada de leche, y el 83.3% de las UP que realizan el ordeño utilizan oxitocina. Además, el 16.7% de las UP proporciona suplementación durante el ordeño, y el 50% también emplea ordeñadora mecanizada. Por otro lado, el promedio de producción de leche al día, la producción de leche por animal y el precio de la leche fueron similares en ambas regiones ($P \geq 0.05$). Asimismo, el promedio de reproductores vendidos al año, el número de animales destinados a la engorda, el peso de los animales para sacrificio y la edad de sacrificio son similares en ambas regiones ($P \geq 0.05$). De igual manera, el precio en pie de búfalo, el precio en pie de búfala y el precio en canal son similares en ambas regiones ($P \geq 0.05$). Sin embargo, el precio de la carne en carnicería es mayor en la región Grijalva ($P \leq 0.05$) (Tabla 4). En ambas regiones, la estimulación de la bajada de la leche durante la ordeña se realiza principalmente mediante la aplicación de oxitocina. Asimismo, la producción promedio por animal resulta similar entre regiones, lo cual concuerda con lo reportado por De la Cruz-Cruz *et al.* (2022). La leche de búfala ($\$16 \text{ L}^{-1}$) supera en $\$5 \text{ L}^{-1}$ a la de vaca debido a su mayor contenido de grasa y sólidos totales (Ocampo *et al.* 2016, SEGALMEX 2024), lo que incrementa el rendimiento en derivados lácteos como el queso mozzarella (Patiño 2011).

El peso y la edad al sacrificio fueron similares entre regiones; sin embargo, la carne en carnicería alcanzó mayor precio en la región Grijalva, probablemente por mayor demanda y conocimiento del producto. Estos resultados confirman las ventajas zootécnicas del búfalo frente al ganado bovino y su potencial como alternativa sostenible en el trópico húmedo de México, resaltando la importancia de difundir información sobre su manejo y características productivas. Asimismo, los hallazgos aportan evidencia descriptiva de las unidades de producción evaluadas en las regiones Olmeca y Grijalva. En este sentido, futuros estudios podrían ampliar la cobertura regional y fortalecer el diseño de muestreo, con el fin de profundizar en el conocimiento de la producción bufalina en Veracruz y Tabasco. El búfalo de agua presenta alta viabilidad productiva en los sistemas ganaderos del trópico húmedo de México, al mostrar eficiencia biológica bajo condiciones basadas en pastos nativos. Las diferencias regionales en manejo y orientación productiva influyen en el desempeño de los sistemas; además, la limitada experiencia de los productores y las

restricciones en la comercialización de carne constituyen desafíos, mientras que la producción y transformación de leche de búfalo destacan por su contribución a la rentabilidad y sostenibilidad de estos sistemas.

Tabla 4. Producción y precios de la leche y carne por región en 2022.

Indicadores	Región de estudio	
	Olmecca (n = 13)	Grijalva (n = 8)
Producción de leche L día ⁻¹	286 ± 399.60 ^a	235 ± 231.21 ^a
Producción de leche L animal día ⁻¹	4.0 ± 1.00 ^a	3.5 ± 0.55 ^a
Precio de la leche L	10.0 ± 0.70 ^a	11.0 ± 0.93 ^a
Venta de reproductores año ⁻¹	11.75 ± 6.50 ^a	18.33 ± 2.88 ^a
Animales de engorda año ⁻¹	75 ± 87.80 ^a	114 ± 100.89 ^a
Peso de animales para sacrificio, kg	423 ± 63.29 ^a	475 ± 50.00 ^a
Edad de sacrificio, meses	26.31 ± 4.60 ^a	25.50 ± 7.55 ^a
Precio en pie del búfalo finalizado, \$ kg ⁻¹	36.00 ± 2.04 ^a	35.75 ± 0.50 ^a
Precio en pie de la búfala, \$ kg ⁻¹	29.00 ± 3.29 ^a	28.00 ± 0.00 ^a
Precio en canal del búfalo, \$ kg ⁻¹	66.58 ± 3.14 ^a	63.00 ± 26.21 ^a
Precio de la carne en carnicería, \$ kg ⁻¹	113.85 ± 5.06 ^a	128.33 ± 14.43 ^b

^{a, a, b} Valores con diferentes literales en la misma hilera indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) de acuerdo con la prueba t de Student.

* Media ± desviación estándar.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) y al Colegio de Posgraduados Campus Tabasco, por la beca otorgada al estudiante Abimael García Hernández para cursar sus estudios de Doctor en Ciencias Agrícolas en el Trópico. Asimismo, a los productores de ambas regiones, por su valiosa colaboración e información durante la fase de entrevistas. Su apoyo ha sido fundamental para el desarrollo de esta investigación.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Abascal E, Grande I (2005) Análisis de encuestas. 1ª. Edición. ESIC Editorial. Madrid, España. 69p.
- Almaguer PY (2007) El búfalo, una opción de la ganadería. Revista electrónica de Veterinaria 8(8): 1-23.
- Álvarez JRL, Sánchez OF, Elías A (2005) ¿Por qué el búfalo de agua presenta mayor eficiencia productiva que los vacunos? Revista Electrónica de Veterinaria 6(11): 1-6.
- Barboza JG (2011) Bondades ecológicas del búfalo de agua: camino hacia la certificación. Tecnología en Marcha 24(5): 82-88.

- Bertoni A, Álvarez-Macías A, Mota-Rojas D, Dávalos JL, Minervino A HH (2021) Dual-purpose water buffalo production systems in tropical latin america: Bases for a sustainable model. *Animals* 11(10): 2910. <https://doi.org/10.3390/ani11102910>
- Bertoni MA, Álvarez MA, Mota-Rojas D (2019) Desempeño productivo de los búfalos y sus opciones de desarrollo en las regiones tropicales. *Sociedades Rurales Producción y Medio Ambiente* 19(38): 59-80.
- Crudeli GÁ (2011) Fisiología reproductiva del búfalo. *Producción en Argentina. Tecnología en Marcha* 24(5): 74-81.
- De la Cruz-Cruz LA, Roldán-Santiago P, Berdugo-Díaz FD, Rodríguez-Florentino R, Berdugo-Gutiérrez JA (2022) Characteristics of Buffalo Production and Research Systems in Southern Mexico. *Journal of Buffalo Science* 11: 19-31. <https://doi.org/10.6000/1927-520X.2022.11.03>
- El-Ashker M, Gwida M, Tomaso H, Monecke S, Ehricht R, El- Gohary F, Hotzel H (2015) Staphylococci in cattle and buffaloes with mastitis in Dakahlia Governorate. *Egyptian Journal of Dairy Science* 98(11): 7450-7459. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9432>
- Espinosa-García JA, Matus-Gardea JA, Martínez-Damián MÁ, Santiago-Cruz DM, Román-Ponce H, Bucio-Alanís L (2000) Análisis económico de la tecnología bovina de doble propósito en Tabasco y Veracruz. *Agrociencia* 34(5): 651-661.
- FAO (2024) Cultivos y productos de ganadería. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>. Fecha de consulta: 24 de julio de 2024.
- García AE (2004) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª. Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 91p.
- Granados-Rivera LD, Quiroz-Valiente J, Maldonado-Jáquez JA, Granados-Zurita L, Díaz-Rivera P, Oliva-Hernández J (2018) Caracterización y tipificación del sistema doble propósito en la ganadería bovina del Distrito de Desarrollo Rural 151, Tabasco, México. *Acta Universitaria* 28(6): 47-57. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1916>
- Granados-Zurita L, Quiroz-Valiente J, Barrón-Arredondo M, Cruz-Pelcastre C, Jiménez-Ortiz MM (2011) Costo de producción del litro de leche y carne en un sistema de lechería de doble propósito. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 1: 424-427.
- Grazziotto NM, Maidana SS, Romera SA (2020) Susceptibilidad de los búfalos de agua frente a diferentes enfermedades infecciosas. *Revista Veterinaria* 31(2): 215-223. <https://doi.org/10.30972/vet.3124750>
- Hernández HG, Vázquez LD, Acar MN, Fernández J A, Velázquez MG (2018) Búfalo de agua (*Bubalus bubalis*): Un acercamiento al manejo sustentable en el Sur de Veracruz. México. *Agroproductividad* 11(10): 27-32. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i10.1240>
- INEGI (2010) Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825293192>. Fecha de consulta: 24 de julio de 2024.
- INEGI (2020) Promedio de escolaridad de la población de 15 años y más 2020. <https://www.cuentame.inegi.org.mx/poblacion/escolaridad.aspx>. Fecha de consulta: 24 de julio de 2024
- Leos-Rodríguez JA, Serrano-Páez A, Salas-González JM, Ramírez-Moreno PP, Sagarnaga-Villegas M (2008) Caracterización de ganaderos y unidades de producción pecuaria beneficiarios del programa de estímulos a la productividad ganadera (PROGAN) en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 5(2): 213-230.
- Maitret-Collado E (2021) Los búfalos de agua en México. En: *El búfalo de agua; generalidades y características productivas* Tomo 1. 1ª. Edición. LID Editorial. Ciudad de México. 67p.
- Marai IFM, Haeeb AAM (2010) Buffalo's biological functions as affected by heat stress-A review. *Livestock Science* 127(2): 89-109. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.08.001>

- Martínez A, Ray JV, López RG, Benítez D, Guevara O (2009) Comportamiento de algunos indicadores productivos y reproductivos del búfalo de río en la provincia Granma. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 43(2): 127-130.
- Martínez-Reina AM, Doria-Ramos M, García-Jiménez J, Salcedo-Carrascal E, Herrera-Pérez N, Carrascal-Triana EL (2020) Caracterización técnica y económica del sistema de producción de búfalos *Bubalus bubalis* en el departamento de Córdoba de Colombia. *Archivos de Zootecnia* 69(268): 444-452. <https://doi.org/10.21071/az.v69i268.5392>
- Mendes AJ, de Lima-Francisco C (2011) Aspectos nutricionales del búfalo. *Revista Tecnología en Marcha* 24(5): 105.
- Mitat VA (2011) Antecedentes y perspectivas de la actividad bufalina en el trópico. *Revista Tecnología en Marcha* 24(5): 121-138.
- Mota-Rojas D, Alnaimy HA, Ghezzi MD, Kanth RPR, Lendez PA, (2020a) Termorregulación del búfalo de agua: mecanismos neurobiológicos, cambios microcirculatorios y aplicaciones prácticas de la termografía infrarroja. En: Napolitano F, Mota-Rojas D, Guerrero-Legarreta I, Orihuela A (eds) *El búfalo de agua en las américas, hallazgos recientes*. 3ª. Edición. B.M. Editores. Ciudad de México. México. pp. 922-958.
- Mota-Rojas D, De Rosa G, Mora-Medina P, Braghieri A, Guerrero-Legarreta I, Napolitano F (2019a) Dairy buffalo behaviour and welfare from calving to milking. *CABI Reviews* 14: 1-9 <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201914035>
- Mota-Rojas D, Napolitano F, Braghieri A, Guerrero-Legarreta I, Bertoni A, Martínez-Burnes J, Orihuela A (2020b) Thermal biology in river buffalo in the humid tropics: Neurophysiological and behavioral responses assessed by infrared thermography. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* 9(1): 2103. <http://dx.doi.org/10.31893/jabb.21003>
- Mota-Rojas D, Orihuela A, Napolitano F, Serrapica F, Olmos A, Martínez-Burnes J, de Rosa AG (2019b) La búfala de agua durante el parto y ordeño: respuestas fisiológicas y conductuales. *El búfalo de agua en las Américas, enfoques prácticos y experimentales*. 2ª. Edición. B.M. Editores. México. 299p.
- Napolitano F, Pacelli C, Grasso F, Braghieri A, De Rosa G (2013) The behaviour and welfare of buffaloes (*Bubalus bubalis*) in modern dairy enterprises. *Animal* 7(10): 1704-1713. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001109>
- Napolitano F, Rojas DM, Macías AÁ, Braghieri A, Medina PM, Bertoni A, De Rosa G (2020) Factores productivos y su incidencia en el bienestar de la búfala lechera en sistemas de producción extensivos e intensivos: una revisión. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* 20(40): 1-20.
- Ocampo GR, Gomez AC, Restrepo VD, Cardona CH (2016) Estudio comparativo de parámetros composicionales y nutricionales en leche de vaca, cabra y búfala, Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 8(2): 177-186. <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n2.2016.185>
- Orantes-Zebadúa MÁ, Platas-Rosado D, Córdova-Avalos V, De los Santos-Lara MC, Córdova-Avalos A (2014) Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 1(1): 49-58. <https://doi.org/10.19136/era.a1n1.6>
- Patiño EM (2011) Producción y calidad de la leche bubalina. *Tecnología en Marcha* 24(5): 25-35.
- Rodríguez-González D, Minervino AHH, Orihuela A, Bertoni A, Morales-Canela DA, Álvarez-Macías A, Mota-Rojas D (2022) Handling and physiological aspects of the dual-purpose water buffalo production system in the mexican humid tropics. *Animals* 12(5): 608. <https://doi.org/10.3390/ani12050608>
- Rosales-Rodríguez, R (2011) Situación del búfalo de agua en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha* 24(5): 19-24.
- Ruiz-Sesma B, Herrera-Haro JG, Rojas-Martínez RI, Mendoza-Nazar P, Ruiz-Sesma H, Ruiz-Hernández H (2021) Caracterización del sistema doble propósito bovino y evaluación reproductiva de toros en el

- estado de Chiapas. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 8(II): 1-10.
<https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2811>
- SADER (2024) Bubalinocultura, sustancial contribución alimentaria.
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/bubalinocultura-sustancial-contribucion-alimentaria>.
Fecha de consulta: 24 de julio de 2024.
- Salas-González JM, Leos JA, Sagarnaga LM, Zavala-Pineda MJ (2013) Adopción de tecnologías por productores beneficiarios del programa de estímulos a la productividad ganadera (PROGAN) en México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 4(2): 243-254.
- SEGALMEX (2024) Diario Oficial de la Federación. Reglas de Operación del Programa de Precios de Garantía a Productos Alimentarios Básicos, a cargo de Seguridad Alimentaria Mexicana.
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609037&fecha=28/12/2020#gsc.tab=0. Fecha de consulta 24 de julio de 2024.
- Singh S, Pradhan K, Bhatia SK, Sangwan DC, Vidya VS (1992) Relative rumen microbial profile of cattle and buffalo fed wheat straw-concentrate diet. Indian Journal Animal Science 62(12): 1197-1202.
- Sollecito NV, Lopes LB, Leite RC (2011) Somatic cell count, profile of antimicrobial sensitivity and microorganisms isolated from buffalo mastitis: a brief review. Revista Brasileira de Medicina Veterinária 33(1): 18-22.
- Vilaboa J, Díaz P (2009) Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. Zootecnia Tropical 27: 427-436.