

BALANCE ENERGÉTICO POSTPARTO EN BÚFALAS DE AGUA: IMPLICACIONES SOBRE LA SALUD Y LA REPRODUCCIÓN

Postpartum energy balance in water buffaloes: implications on health and reproduction

Adriana Morgado-Osorio¹, Hector Nava-Trujillo^{1*}, Robert Valeris-Chacin^{2,3}, Simón Zambrano-Salas⁴, Armando Quintero-Moreno⁵

¹ Producción Animal, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes, Mérida, Mérida, Venezuela.

² Departamento de Sanidad Animal y Salud Pública, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Zulia, Venezuela.

³ Department of Veterinary and Biomedical Sciences, College of Veterinary Medicine, University of Minnesota, Saint Paul, Minnesota, USA.

⁴ Departamento de Ciencias Agrarias, Núcleo Universitario Alberto Adriani (NUAA), Universidad de los Andes, El Vigía, Mérida, Venezuela.

⁵ Laboratorio de Andrología, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Zulia, Venezuela.

* Corresponding author
Hector Nava-Trujillo
E-mail: hectornava00@gmail.com

Recibido: 30/03/20

Aceptado: 04/07/2020

Publicado: 21/08/2020

ABSTRACT

In this article, it was reviewed as the postpartum negative energy balance (NEB) affects the health and the reproductive efficiency of water buffaloes. The increase in the world buffalo population has been accompanied by an improvement in the milk yield per lactation and this could be causing negative consequences for health and reproductive efficiency, although there are still few studies about this relationship. Higher milk yield without the corresponding increase in the dry matter and energy intake can intensify the NEB, increasing weight and body condition loss, and this implies a decrease in glucose, insulin and insulin-like growth factor 1 (IGF-1) levels and the increases of non-esterified fatty acids (NEFAs) and β -hydroxybutyrate (BHB). This scenario may imply a greater susceptibility to diseases such as placental retention, endometritis, metritis and mastitis, as well as a longer period of anestrus, lower fertility and the lengthening of the interval to conception. To solve this situation, it is necessary to guarantee a good body condition at calving, and a high dry matter intake that allows reducing weight loss and body condition and different management, feeding and genetic alternatives are proposed.

Keywords: buffalo cow, energy balance, body condition, NEFAs, anestrus, fertility.

RESUMEN

En este artículo se revisó como el balance energético negativo (NEB) postparto afecta la salud y la eficiencia reproductiva de las búfalas de agua. El aumento de la población bufalina mundial se ha acompañado de una mejora en la producción de leche por lactancia y esto podría estar ocasionando consecuencias negativas sobre la salud y la eficiencia reproductiva; aunque aún existen pocos estudios sobre estas relaciones. Una mayor producción de leche sin el correspondiente incremento del consumo de materia seca y energía postparto puede intensificar el NEB, aumentando la pérdida de peso y condición corporal, y esto implica la disminución de los niveles de glucosa, insulina y del factor de crecimiento similar a la insulina 1 (IGF-1) y el aumento de los ácidos grasos no esterificados (NEFAs) y de β -hidroxibutirato (BHB). Este panorama puede implicar una mayor susceptibilidad a enfermedades como retención de placenta, endometritis, metritis y mastitis; así como a un mayor periodo de anestro, menor fertilidad y el alargamiento del intervalo a la concepción. Para solventar esta situación, es necesario garantizar una buena condición corporal al parto, y un alto consumo de materia seca postparto que permita disminuir la pérdida de peso y de condición corporal y diferentes alternativas de manejo, alimenticias y genéticas están planteadas.

Palabras clave: búfalas, balance energético, condición corporal, NEFAs, anestro, fertilidad.

INTRODUCCION

De acuerdo con la FAO la población mundial de búfalos supera los 200 millones de ejemplares, lo cual es producto de un incremento del 11,25% entre el 2008 y el 2018, y esto ha implicado un incremento del 47,35% en la producción de leche de búfala durante el mismo periodo. En el continente americano entre 2005 y 2016 la población bufalina se incrementó en 26,4% (Borghese et al., 2016), con los mayores rebaños en Brazil, Venezuela, Colombia, Argentina y Cuba, totalizando más de 5 millones de ejemplares (Crudeli et al., 2016). Este incremento deriva de la creciente demanda de leche de búfala y de sus productos derivados, así como de la necesidad de incrementar la producción de alimentos de origen animal para satisfacer la creciente demanda mundial. Además, es importante resaltar que la ganadería bufalina permite la utilización de tierras con condiciones limitantes (Bustillo-García y Bechara-Dickdan, 2016); y que la leche de búfala tiene un precio superior al de vaca, que en Venezuela puede ser un 40% mayor (Zava y Sansinena, 2017), mientras que en Italia entre 2 y 3 veces más alto (Tiezzi et al., 2009; Borghese 2013).

El incremento mundial de la población bufalina ha sido acompañado con programas de mejora genética y de manejo que han permitido un incremento en la producción de leche por lactancia (Zicarelli, 2004; Ahmad et al., 2009, Fooda et al., 2010, Mohamed et al., 2010, Menéndez-Buxadera and Verde, 2014), ver Fig. 1. En Venezuela, se observó un incremento entre 1991 y 2008 de 750 kg, 860 kg y 2 kg en la producción ajustada a 244 días, 305 días y diaria, respectivamente (Menéndez-Buxadera y Verde 2014). En

Egipto se ha reportado un incremento de 209 kg entre 1993 y 2008 (Fooda et al., 2010); y en Italia, Zicarelli 2004 reportó un incremento en la producción por lactancia desde 1608 kg en 1977 hasta 2168 kg en 2002, y por su parte Borghese 2013 reportó un incremento de 328 kg entre 1990 y 2009, registrándose lactancias con más de 5000 kg. Además, también se ha evidenciado un aumento en la concentración tanto de proteína como de grasa (Zicarelli 2004; Borghese 2013).

Si bien la fertilidad es multifactorial, el nivel de producción de leche podría imponer un reto metabólico durante el postparto, dado el incremento de los requerimientos energéticos para su síntesis y que junto con la disminución del consumo de materia seca podrían provocar una disminución de la eficiencia reproductiva y el incremento en la incidencia de enfermedades metabólicas e infecciosas (Grummer et al., 2004); y esta situación ha sido advertida por Rossie et al., 2014 quienes en el caso preciso de la ganadería bufalina italiana han resaltado la necesidad de ejecutar un adecuado programa de selección para una mayor producción de leche a fin de evitar los efectos negativos sobre la fertilidad y varios estudios han reportado una relación negativa entre la producción de leche y la eficiencia reproductiva en búfalas (Tabla 1). Por lo tanto, mejorar el entendimiento sobre los cambios metabólicos postparto es de gran interés, y en base a esto, el propósito de este artículo es revisar la literatura científica para describir como el nivel de producción y el consecuente NEB postparto afectan la salud y la eficiencia reproductiva en búfalas de agua.

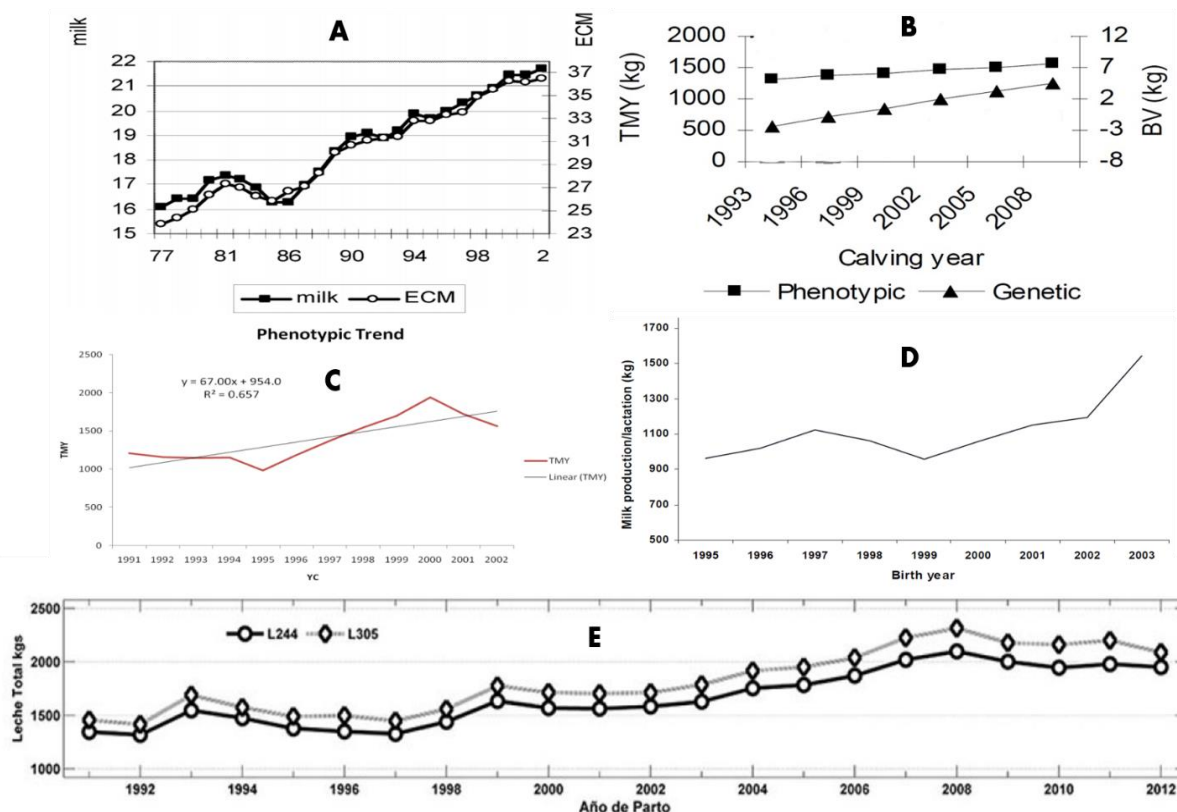


Figura 1. Tendencias en la producción de leche en búfalas de agua en diferentes regiones del mundo. A: Búfalas de raza Mediterránea (1977-2002), Italia (Tomada de Zicarelli 2004); B: Búfalas Egipcias (1993-2008), Egipto (Tomada de Fooda et al., 2010); C: Búfalas Egipcias (1991-2002), Egipto (Tomada de Mohamed et al., 2010); D: Búfalas Nili-Ravi en Pakistán (1995-2003) (Tomada de Ahmad et al., 2009); E: Búfalas de raza Mediterránea y Murrah (1991-2012), Venezuela (Tomada de Menéndez-Buxadera y Verde, 2014).

Tabla 1. Correlaciones genéticas (G) y fenotípicas (F) entre la producción de leche y diferentes parámetros de eficiencia reproductiva en búfalas de agua

Referencia	Edad al primer parto		Tasa de preñez		Días abiertos		Servicios por concepción		Intervalo entre partos	
	G	F	G	F	G	F	G	F	G	F
Tonhati et al., 2000	0,63								0,04	
Seno et al., 2010	-0,12	-0,15							0,07	0,30
Malhado et al., 2013	0,40	0,08								
Valsalan et al., 2014			-0,08	-0,62						
De Carmargo et al., 2015	0,19	0,26			0,23	0,29	0,04	0,11	0,09	0,14
Barros et al., 2016	0,24	0,09							0,08	0,04
Duque et al., 2016	0,23								0,21	
Marques et al., 2019	-0,94				0,08				0,10	
Marques et al., 2019	-0,82				0,62				0,56	
Marques et al., 2019	0,50				0,63				0,23	
Safari et al., 2019	-0,25	0,05							0,03	0,05
Vilela et al., 2020	0,12								0,18	

Balance energético postparto.

Durante el periodo de transición, el cual comprende tres semanas preparto y tres postparto, ocurren una serie de adaptaciones homeorréticas que tienen como objetivo lograr la adaptación al parto y a la lactancia (Grummer 1995). Estos cambios conllevan al desarrollo de una fase de metabolismo catabólico en el que el gasto energético, debido a la síntesis de leche, mantenimiento, actividad física y crecimiento, supera el consumo de energía, generando un NEB que implica la movilización de tejidos corporales (grasa y músculo). La intensidad y duración del NEB determinan el éxito del ciclo productivo, medido este como una alta producción de leche, una baja incidencia de enfermedades, un intervalo a la concepción no mayor a 90 días y la permanencia de la hembra en el rebaño; sin embargo, en el caso particular de la búfala de agua son escasos los reportes científicos sobre este tema.

Aun cuando las búfalas tienen una menor producción en comparación con vacas de razas como Holstein o Jersey, sufren NEB durante el periodo periparturiente, aunque este es de menor intensidad y duración que el observado en vacas lecheras (Grasso et al., 2004; Fiore et al., 2018; Singh et al., 2019). Después del parto las búfalas sufren una disminución del consumo de materia seca, con la correspondiente disminución del peso y la condición corporal y de los niveles de glucosa e IGF-1; y el incremento en los niveles de NEFAs y BHB (Grasso et al., 2004; Monteiro et al., 2012; Deka et al., 2014; Verdurico et al., 2015; Pande et al., 2016; Ahmed et al., 2017; Fiore et al., 2017; Delfino et al., 2018; Fiore et al., 2018; Reddy et al., 2017; Reddy et al., 2018; Elsayed et al., 2019; Gallego et al., 2019; Golla et al., 2019; Singh et al., 2019; Elsayed et al., 2020). En la figura 2 se muestran los cambios en el peso, la condición corporal y los NEFAs asociados al balance energético negativo como consecuencia de la producción de leche y la disminución en el consumo de materia seca.

Deka et al., 2014 reportaron una pérdida en el consumo de materia seca del 22,7% al día del parto con respecto al consumo preparto (9,91 kg vs 12,83 kg, $P < 0,001$); mientras que la pérdida de peso durante los primeros 90 días postparto fue de 74,15 kg, lo que representó el 11,85% del peso al parto (Reddy et al., 2017). De manera similar, durante el periodo periparturiente se observa una disminución

significativa de la condición corporal. En Argentina se observó que búfalas multíparas bajo amamantamiento continuo perdieron 23,5 kg de peso en los primeros 30 días postparto y 0,45 puntos de condición corporal en los primeros 35 días postparto (Crudeli y De La Sota, 2016). Fiore et al., 2017 reportaron una disminución de la condición corporal que se extendió hasta el día 70 postparto y estos hallazgos coinciden con Reddy et al., 2017 quienes observaron una pérdida de 0,59 puntos de condición corporal durante los primeros 90 días de lactancia. Fiore et al., 2017 observaron un incremento significativo de los niveles de NEFAs y BHB desde un día antes del parto y hasta el día 20 postparto. Reddy et al., 2017 reportaron un aumento en los niveles de NEFAs desde $634,39 \pm 4,18 \mu\text{mol/l}$ al parto a $756,73 \pm 6,51 \mu\text{mol/l}$ al día 90 postparto (Reddy et al., 2017), mientras que la glucosa disminuyó desde el parto hasta el día 60 (Grasso et al., 2004; Reddy et al., 2017) y más recientemente se observó que los mayores niveles de NEFAs y BHB se dieron a los siete días postparto y los niveles de insulina se incrementaron solo a partir del día 50 postparto (Fiore et al., 2018).

La intensidad del NEB depende de varios factores. La pérdida de peso durante los primeros 60 días postparto fue mayor en multíparas que en primíparas (3,8% vs 1,55% respectivamente) (Infascelli et al., 2003). Bhalaru et al., 1981 observaron que las búfalas perdieron entre 1,13% y 7,65% de peso durante los primeros cinco meses de la lactancia y que esta pérdida estuvo relacionada con el peso al parto, con las más pesadas perdiendo más peso, y con una mayor intensidad durante el primer mes de lactancia. La pérdida de peso sucede indistintamente de la época de parto, siendo de 14,7% y 14,5% para las búfalas que parieron en invierno y verano respectivamente (Abayawansa et al., 2012). El factor de mayor impacto sobre la intensidad del NEB es la producción de leche. En búfalas primíparas y multíparas con una producción mayor a 5000 kg la pérdida de peso postparto fue mayor ($-4,2 \pm 4,6$ and $-5,6 \pm 5,1\%$ respectivamente) en comparación con las que produjeron menos de 5000 kg ($+3,06 \pm 7,6\%$ and $-2,0 \pm 4,0\%$ respectivamente) (Campanile et al., 2001). Golla et al., 2019 observaron un mayor nivel de NEFAs en búfalas de mayor producción de leche durante las primeras 26 semanas de lactancia (> 1500 kg) en comparación con aquellas que produjeron menos de 1500 kg. Además, los niveles de NEFAs disminuyen a medida que la lactancia avanza y el nivel de producción disminuye (Monteiro et al., 2012).

Adicionalmente, el sexo de la cría podría afectar la intensidad del NEB, así se ha observado que la pérdida de peso durante los primeros 30 días postparto fue mayor en búfalas con crías macho ($33, \pm 4,8$ kg vs $18,7 \pm 3,4$ kg; $P < 0,05$) (Crudeli y De La Sota, 2016).

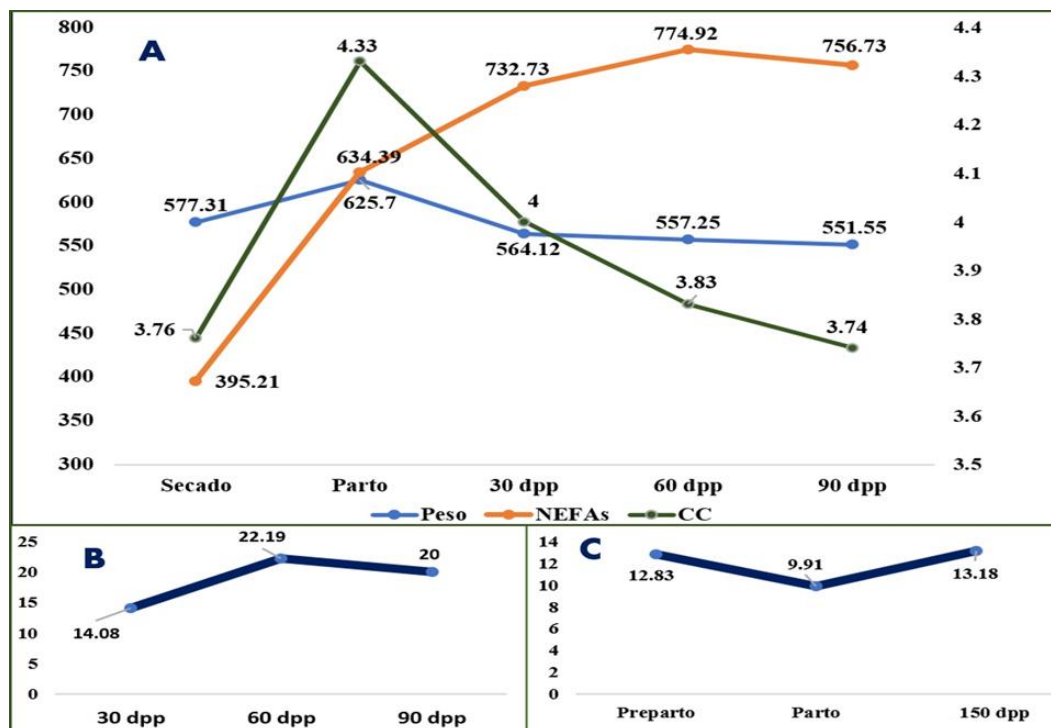


Figura 2. A: Cambios en el peso, NEFAs y condición corporal característicos de NEB (Modificada de Reddy et al., 2017); B: Producción de leche corregida al 6% de grasa (Kg/día) entre 30 y 90 días postparto (dpp) (Modificada de Reddy et al., 2017); C: Consumo de materia seca (Kg/día) en búfalas preparto y hasta el día 150 postparto (Modificada de DeKa et al., 2014).

Implicaciones sobre la salud

El nivel de producción y en consecuencia el NEB pueden comprometer la salud de las búfalas, sin embargo, esta relación ha sido poco estudiada y requiere mayor atención. Búfalas de alto mérito genético para la producción de leche tienen una vida productiva más corta (Zava y Sansinena, 2016) y una alta producción está asociada a un mayor riesgo de mastitis (Lakshmi Kavitha et al., 2009; Hussain et al., 2013) y la ocurrencia de mastitis a su vez, ha sido asociada a una menor eficiencia reproductiva (Manimaran et al., 2014; Mansour et al., 2016; Mansour et al., 2017; Manoj et al., 2017).

Una baja condición corporal es un factor predisponente para la ocurrencia de endometritis (Senosy and Hussein, 2013) y altos niveles de NEFAs y BHB y bajos de glucosa y calcio están asociados a la ocurrencia de metritis, endometritis y mastitis (Mili et al., 2016). Además, una mayor incidencia de enfermedades durante el postparto temprano pudiese estar relacionada al estado de inmunosupresión que ocurre durante esta fase de la lactancia (Patra et al., 2013) y que puede estar asociado a la intensidad del NEB como se ha observado en vacas (Esposito et al., 2014; Cui et al., 2019); sin embargo, se ha sugerido que este estado de inmunosupresión es de menor intensidad en búfalas de raza Murrah en comparación con vacas de raza Sahiwal (Pathan et al., 2015). En búfalas, un

mayor riesgo de mastitis subclínica ha sido reportado durante los dos primeros meses de lactancia (Salvador et al., 2012) y recientemente se ha observado que búfalas con retención de placenta tuvieron mayores niveles de NEFAs y BHB desde tres semanas antes del parto en comparación con aquellas sin retención y en consecuencia las primeras necesitaron 36,6 días extras ($P < 0,05$) para lograr la preñez (Elsayed et al., 2020).

Implicaciones sobre la eficiencia reproductiva

Aun son pocos los estudios que han evaluado los efectos del nivel de la producción y del NEB sobre la eficiencia reproductiva de búfalas. El-Belely et al., 1988 sugieren que la producción de leche podría tener un impacto negativo sobre la fertilidad. Las búfalas que produjeron más de 8 kg por día tuvieron un mayor periodo de anestro postparto (El-Fadaly 1980: 107 ± 36 días; El-Azab et al., 1984: 76 ± 25 días) que aquellas que produjeron menos de 8 kg de leche (77 ± 30 días y 56 ± 24 días, respectivamente). El-Tarabany 2018 observó que las búfalas con una producción diaria mayor a 9 kg tuvieron una menor probabilidad de preñarse que aquellas que produjeron menos de 7 kg; mientras que Valsalan et al., 2014 observaron una disminución de 0,9% en la preñez por cada incremento de 100 kg de leche a 305 días. Recientemente se reportó que el intervalo entre partos se incrementó desde 425,3 días en búfalas con una producción menor a 1090 kg por lactancia hasta 463,3 días en aquellas

con una producción superior a 1684 kg, mientras la probabilidad de alcanzar un intervalo entre partos menor a 400 días, disminuyó desde 0,5 a 0,26 respectivamente (Nava-Trujillo et al., 2020) y estos resultados concuerdan con Seno et al., 2010 y Nava-Trujillo et al., 2018, quienes reportaron una correlación positiva entre la producción total de leche y el intervalo entre partos. Además, el efecto negativo del nivel de producción de leche sobre la eficiencia reproductiva parece ser más fuerte en búfalas primíparas (Nava-Trujillo et al., 2020), lo cual podría deberse a un NEB más intenso (Teklerli et al., 2001; Bolívar Vergara et al., 2010).

La pérdida de peso postparto y de condición corporal tienen un impacto importante en la eficiencia reproductiva. Las búfalas que perdieron más del 10% del peso justo luego del parto necesitaron más servicios por concepción ($3,38 \pm 0,7$) y tuvieron un mayor intervalo a la concepción ($297 \pm 32,54$ días) que aquellas que perdieron menos del 10% ($2,40 \pm 0,81$ servicios por concepción y $207,6 \pm 46,46$ días, respectivamente) (Mavi et al., 2011). Huseein et al., 2013 observaron que las búfalas que se preñaron en los primeros 75 días postparto tuvieron un mayor peso y condición corporal durante este periodo que aquellas que no se preñaron, y las primeras además tuvieron un intervalo al primer celo más corto ($65,71 \pm 11,31$ vs $93,20 \pm 9,81$, $P = 0,03$); la diferencia en condición corporal entre los dos grupos fue significativa a partir del día 24 postparto. Además, Senosy y Hussein, 2013, observaron que el peso a las semanas 4 y 9 postparto fue mayor en las búfalas preñadas que en las vacías.

La condición corporal es un buen indicador del balance energético y es un factor determinante del desempeño reproductivo de las búfalas (Baruselli et al., 2001, Qureshi et al., 2002; Senosy and Hussein, 2013, Mahmoud and Salman, 2015). Búfalas con una condición intermedia al parto tuvieron un intervalo a la concepción más corto (128,3 días) que aquellas sobrecondicionadas (144,1 días) o muy delgadas (165,5 días) (Bhalaru et al., 1987) y esto ha sido corroborado recientemente (Patel et al., 2018). Búfalas con inactividad ovárica tuvieron una condición corporal más baja que aquellas con ovarios activos ($2,08 \pm 0,11$ vs $2,88 \pm 0,28$) (Othoman et al., 2014); y una mayor condición corporal durante los primeros 90 días postparto estuvo relacionada con un intervalo parto primer servicio más corto (Gamit et al., 2016). Búfalas Seidi con baja condición corporal (<2 , en la escala 1 a 5) tuvieron una mayor incidencia de anestro, ciclos irregulares y repetición de servicios (Elsayed Mahmoud y Salman 2015). Senosy and Hussein, 2013 observaron que la condición corporal a las semanas 4 y 5 postparto fue más alta en las búfalas preñadas que en las vacías; y una mayor condición corporal al servicio estuvo relacionada con un folículo ovulatorio más grande, con menores niveles de progesterona al celo y con celos de mayor intensidad (Raj et al., 2016). Una condición corporal de 3,5 al momento del servicio permitió alcanzar una preñez del 86% (Sampedro y Crudeli, 2016) y búfalas con una condición corporal menor a 2,5 y sometidas a un tratamiento para sincronizar la ovulación no lograron preñarse, mientras que aquellas con una condición corporal mayor a 2,5 obtuvieron una preñez entre 42,9% y 66,7% (Devkota 2018). Adicionalmente, en búfalas tratadas con PGF₂ α , GnRH o una mezcla de minerales, la mejor tasa de preñez se logró cuando la condición corporal estuvo entre 2,5 y 3,5 (Devkota et al., 2013).

El mecanismo a través del cual el NEB afecta la eficiencia reproductiva es complejo y ha sido poco estudiado en búfalas. Elsayed et al., 2019 observaron que búfalas con un retraso en el inicio de la actividad ovárica postparto (>45 días) y en consecuencia un intervalo parto concepción más largo ($170,50 \pm 16,20$ días) tuvieron una menor condición corporal y menores niveles de IGF-1, glucosa, albumina y de las enzimas SOD y GSH; así como mayores niveles de NEFAs y BHB que aquellas con un reinicio temprano de la actividad ovárica (<45 días postparto) y un intervalo a la concepción más corto ($121,60 \pm 15,00$). En este mismo estudio se determinó que los niveles de NEFAs y BHB se correlacionaron positivamente con el intervalo a la primera ovulación; mientras que la condición corporal y los niveles de IGF-1, de albumina y de las enzimas SOD y GSH se correlacionaron negativamente (Elsayed et al., 2019). Estos hallazgos indican que la restricción en el consumo de materia seca durante el postparto conlleva a bajos niveles de glucosa y consecuentemente de insulina que afectan la expresión de receptores hepáticos para la hormona del crecimiento, generando bajos niveles de IGF-1 y un incremento en los niveles de la hormona del crecimiento que estimulará la lipólisis. Este escenario puede afectar la secreción de gonadotropinas, el crecimiento folicular, la expresión del celo y los niveles de progesterona, como ha sido observado en vacas (Zulu et al., 2002; Butler et al., 2003). Adicionalmente, el NEB puede comprometer la salud uterina, dado que la pérdida temprana de condición corporal durante el periodo postparto, así como la alteración de metabolitos como colesterol, triglicéridos, y lipoproteínas predisponen a la ocurrencia de endometritis (Senosy y Hussein 2013).

Alternativas para reducir el impacto del balance energético negativo.

Durante el postparto el propósito debe ser disminuir la intensidad y duración del NEB, especialmente en búfalas primíparas, aquellas de alta producción y las que paren durante la época de fotoperiodo largo; y para esto es necesario garantizar en primera instancia que las búfalas lleguen al parto con una condición corporal adecuada y mejorar el consumo de materia seca para disminuir la pérdida de peso y de condición corporal.

Una condición corporal al parto de 3 a 4,5 puntos permitió maximizar la eficiencia reproductiva (Baruselli et al., 2001) y para lograr una buena condición corporal al parto es necesario un aumento en el consumo de energía metabolizable durante el periodo seco (Qureshi et al., 2002). Además, la duración del periodo seco puede afectar la intensidad del NEB y el desempeño reproductivo. El peso y la condición corporal fueron mayores en búfalas con un periodo seco de 30 a 45 días ($628,03$ kg y $4,43$ puntos) o de 46 a 60 días ($645,33$ kg y $4,33$ puntos) en comparación con aquellas que tuvieron un periodo seco mayor a 60 días ($603,96$ kg y $4,23$ puntos, $P < 0,05$) (Reddy et al., 2018b), estas últimas además tuvieron mayor pérdida de peso y condición corporal y mayores niveles de NEFAs en los primeros 90 días postparto, lo que indica una menor adaptación a las exigencias metabólicas de la lactancia y en consecuencia tuvieron un intervalo a la concepción más largo ($144,38 \pm 5,62$ días; $P < 0,05$) en comparación con las búfalas con un periodo seco de 30 a 45

días ($86,25 \pm 5,39$) o de 46 a 60 días ($105,00 \pm 5,07$ días) (Reddy et al., 2018ab).

Además, para mejorar el consumo de materia seca es necesario un manejo adecuado del pastorero, ya que una alta carga animal puede conllevar a una disminución en el consumo de forraje y una menor tasa de preñez (Baruselli 1993). De igual forma la utilización de diferentes aditivos en la dieta pueden mejorar el consumo de materia seca. La suplementación con niacina (6 y 12 g/búfala/día) desde cuatro semanas preparto y hasta 12 semanas postparto, mejoró el consumo de materia seca (11,5 y 11,7 kg/día, respectivamente; $P < 0,01$) en comparación con el control (9,3 kg/día), incrementó el peso al parto y disminuyó la pérdida de peso postparto, además aumentó los niveles de hemoglobina, proteínas totales y glucosa y disminuyó los niveles de colesterol y Na; todo esto repercutió positivamente tanto en la producción de leche como en el desempeño reproductivo, acortándose el intervalo a la concepción (78,3 y 76,2 vs 137,3 días, respectivamente, $P < 0,01$) (El-Barody et al., 2001). El efecto de la niacina parece estar relacionado con un aumento de la síntesis de proteína microbiana y de la producción de ácidos grasos volátiles (Kumar y Dass, 2005). Adicionalmente, el uso de bicarbonato de sodio al 1,5% de la dieta mejoró el consumo de materia seca (16,6 kg/día; 3,19% del peso vivo, $P < 0,05$) en comparación con el control (12,62 kg/día; 2,61% del peso vivo) e incremento la tasa de concepción (100% vs 33,33%) (Sarwar et al., 2007) y esto coincide con los observado por Shahzad et al., 2008 quienes utilizando 1,15% de bicarbonato en la dieta para generar una diferencia catión anión de +329,47 mEq/Kg MS, observaron un mayor consumo de materia seca y agua (16,9 kg/día y 97 l/día respectivamente, $P < 0,05$) en comparación con una dieta conteniendo 0% de bicarbonato de sodio pero 1,75% de cloruro de calcio para generar una diferencia catión anión de -111,44 mEq/Kg MS (13,3 kg/día y 73 l/día respectivamente), además la dieta con bicarbonato de sodio aumentó el nivel de bicarbonato de sodio y el pH sanguíneo, el pH urinario y la producción de leche (15,3 vs 12,6 kg/día respectivamente, $P < 0,05$).

Adicionalmente, el incremento de la densidad energética de la dieta mediante la suplementación con propilenglicol o propionato de calcio durante el periodo pre y postparto en búfalas primíparas, permitió reducir el NEB y acortar el intervalo al primer celo ($53,50 \pm 3,60$ y $48,50 \pm 2,79$ días respectivamente) y a la concepción ($63,33 \pm 6,66$ y $52,17 \pm 2,70$ días respectivamente) en comparación con el grupo control ($82,33 \pm 6,70$ y $128,50 \pm 15,39$, respectivamente) (Abdel-Latif et al., 2016). Mientras que la inclusión de grasa sobrepasante redujo el intervalo parto concepción (Zicarelli 1997; Vala et al., 2020), y la suplementación con semillas de linaza redujo la secreción de PGF_{2α} e incremento los niveles de progesterona y mejoró la tasa de preñez luego de la sincronización del celo (Nazir et al., 2013). Búfalas que recibieron grasa sobrepasante pre y postparto tuvieron mayores niveles de glucosa y menores de NEFAs y BHB, un intervalo a la concepción más corto ($107,10 \pm 4,43$; $P < 0,05$) y mayor fertilidad (85%; $P < 0,05$) que las búfalas sin suplementación ($133,65 \pm 6,04$ días y 50% respectivamente) (Vala et al., 2020).

La inclusión de *S. cerevisiae* en la dieta redujo la lipólisis (Hansen et al., 2017) y en búfalas múltiparas acortó el intervalo al primer celo, mejoró la fertilidad y redujo el

intervalo parto concepción como una consecuencia de aliviar el NEB (Ahmad Para et al., 2019); probablemente debido al aumento de la digestibilidad de la fibra, la producción total de ácidos grasos volátiles y la ganancia de peso postparto, y a la disminución en el conteo de células somáticas en la leche observado en búfalas que recibieron *S. cerevisiae* en la dieta (Anjum et al., 2018).

La administración oral de las vitaminas AD3E desde cuatro semanas preparto a siete postparto disminuyó los niveles de NEFAs entre las semanas 5 y 7 postparto y mejoró la calidad del moco vaginal, disminuyendo además la incidencia de endometritis subclínica y acortando el intervalo a la concepción en comparación con los controles ($97,50 \pm 15,75$ vs $152,1 \pm 24,45$ días, respectivamente), todo esto se vio acompañado por una disminución del estrés oxidativo (Ahmed et al., 2017).

Además, la condición corporal, el consumo de materia seca, y la variación del peso y de la condición corporal durante el postparto podrían evaluarse y/o incluirse en los índices para la selección de búfalas más fértiles. En vacas lecheras la heredabilidad de la condición corporal estuvo entre 0,05 y 0,79 (Bastin y Gengler, 2013), mientras que la del consumo de materia seca al día 70 postparto fue de 0,34 (0,08-0,52) (Berry et al., 2014), y en vacas primíparas durante las primeras 24 semanas de lactancia entre 0,20 y 0,40 (Li et al., 2016). En vacas lecheras, la selección por una buena condición corporal mejoró la salud y la fertilidad (Dechow et al., 2002; Berry et al., 2003; Weigel 2006). Además, las vacas con mérito genético positivo para la fertilidad tienen un mayor consumo de materia seca postparto y mantienen una mayor condición corporal (Moore et al., 2004), y las vacas que mantienen o ganan condición corporal durante el postparto temprano tienen una mejor eficiencia reproductiva y salud que aquellas que pierden condición corporal (Carvalho et al., 2014; Middleton et al., 2019).

CONCLUSIONES

Los programas de mejora genética en la ganadería bufalina han logrado un incremento en la producción de leche por lactancia, sin embargo, esto parece estar afectando la eficiencia reproductiva y la salud de las búfalas al provocar un NEB de mayor intensidad, lo que tiene repercusiones negativas sobre la rentabilidad de los sistemas bufalinos; sin embargo, más investigación sobre estas relaciones es necesaria. Para contrarrestar esta situación, se debe implementar un programa alimenticio que permita, por un lado, que la búfalas lleguen al parto con una condición corporal de 3 a 4,5 puntos, y por el otro, que mejore el consumo de materia seca y de energía postparto a fin de disminuir la intensidad de los mecanismos lipolíticos y la pérdida de peso que retrasan la reactivación del eje hipotálamo hipófisis gónada y que pueden comprometer el funcionamiento del sistema inmunitario. Para esto es primordial el monitoreo frecuente de la variación del peso y de la condición corporal durante el postparto temprano (30-45 días), así como de la producción de leche, y especialmente en búfalas de primer parto, de alta producción o aquellas que paren en la época de fotoperiodo largo, que son grupos con un mayor riesgo para el fracaso reproductivo. De igual forma, los programas de mejora genética deben incluir criterios que permitan la selección de búfalas con mayor

adaptación a los desafíos metabólicos de la lactancia y que deberían ser más fértiles.

REFERENCIAS

- Abayawansa WD, Prabhakar S, Singh AK, Brar PS. Bodyweight changes in winter and summer calving buffalo during peripartum period. *Indian J. Anim. Reprod.* 2012; 33(2): 47-50.
- Abdel-Latif MA, El-Gohary ES, Gabr AA, El-Hawary AF, Ahmed SA, Ebrahim SA, Fathala MM. Impact of supplementing propylene glycol and calcium propionate to primiparous buffalo cows during the late gestation and early lactation period on reproductive performance and metabolic parameters. *Alex. J. Vet. Sci.* 2016; 51(1): 114-121.
- Ahmad M, Azhar MS, Aziz MM. Performance of buffalo population using test day milk yield in progeny testing program areas of district Gujranwala. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 2009; 19(1): 10-12.
- Ahmad Para I, Ahmad Shah M, Punetha M, Hussain Dar A, Rautela A, Gupta D, Singh M, Ahmad Naik M, Rayees M, Sikander Dar P, Ahmad Malla B. Feed fortification of periparturient Murrah buffaloes with dietary yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) elevates metabolic and fertility indices under field conditions. *Biol. Rhythm Res.* 2019; doi.org/10.1080/09291016.2018.1557834.
- Ahmed EA, Elsayed DH, Kilani OE, El-Beltagy MA. Multivitamins preventive therapy against subclinical endometritis in buffaloes: its correlation to NEFA and oxidative stress. *Reprod. Biology* 2017; 17(3): 239-245 <http://dx.doi.org/10.1016/j.repbio.2017.05.008>.
- Anjum MI, Javaid S, Ansar MS, Ghaffar A. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation on intake, digestibility, rumen fermentation and milk yield in Nili-Ravi buffaloes. *IJVR* 2018; 19(2, Ser 63): 96-100.
- Baruselli PS. Manejo reproductivo de bubalinos. *Inst. Zoot. Estacao Experimental de Zootecnia do Vale do Ribeira, Registro SP., Brazil*, 1993.
- Baruselli PS, Barnabe VH, Barnabe RC, Visintin JA, Molero-Filho JR, Porto Filho R. Effect of body condition score at calving on postpartum reproductive performances in buffalo. *Buff. J.* 2001; 1: 53-65.
- Barros CC, Aspilcueta-Borquis RR, Bossi Fraga A, Tonhati H. Genetic parameter estimates for production and reproduction traits in dairy buffaloes. *Revista Caatinga* 2016; 29(1): 116-221.
- Bastin C, Gengler N. Genetics of body condition score as an indicator of dairy cattle fertility. A review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2013; 17(1): 64-75.
- Berry DP, Buckley F, Dillon P, Evans RD, Rath M, Veerkamp RF. Genetic parameters for body condition score, body weight, milk yield, and fertility estimated using random regression models. *J. Dairy Sci.* 2003; 86: 3704-3717.
- Berry DP, Coffey MP, Pryce JE, de Haas Y, Løvendahl P, Krattenmacher N, Crowley JJ, Wang Z, Spurlock D, Weigel K, Macdonald K, Veerkamp RF. International genetic evaluations for feed intake in dairy cattle through the collation of data from multiple sources. *J. Dairy Sci.* 2014; 97(6): 3894-905. doi:10.3168/jds.2013-7548.
- Bhalaru S, Dhillon J, Tiwana M. Effect of body weight at calving on body-weight changes during early lactation and post-partum reproductive performance in buffaloes. *The Journal of Agricultural Science* 1981; 97(3): 595-597. doi:10.1017/S0021859600036923
- Bhalaru S, Tiwana MS, Singh N. Effect of body condition at calving, on subsequent reproductive performance in buffaloes. *Indian J. Anim. Sci.* 1987; 57: 33-36.
- Bolívar Vergara DM, Ramírez Toro EJ, Agudelo Gómez DA, Angulo Arroyave RA, Cerón Muñoz MF. Parámetros genéticos para características reproductivas en una población de búfalos (*Bubalus Bubalis Artiodactyla, Bovidae*) en la magdalena medio colombiano. *Rev. Fac. Nac. Agron.* 2010; 63: 5587-5594.
- Borghese A. Buffalo Livestock and products in Europe. *Buffalo Bulletin* 2013; 32(Special Issue 1): 50-74.
- Borghese A, Boselli C, Terzano GM. Planetary impacts of dairy buffalo. In: *Proceedings of 11th World Buffalo Congress, Cartagena de Indias, Colombia, 2016*; pp. 1-5.
- Bustillo-García L, Bechara-Dickdan Z. Sustentabilidad y desarrollo rural de los agroecosistemas bufalinos. *Rev. Vziana. de Gerencia* 2106; 21(73): 50-61.
- Butler ST, Marr AL, Pelton SH, Radcliff RP, Lucy MC, Butler WR. Insulin restores GH responsiveness during lactation-induced negative energy balance in dairy cattle: effects on expression of IGF-I and GH receptor 1A. *J. Endocrinol.* 2003; 176: 205-217.
- Campanile G, Di Palo R, Zicarelli L. Bilancio energetico e attività riproduttiva nella specie bufalina. *Proc. I Congr. Naz. sull'All. del Bufalo, Eboli (SA)*; 2001. pp:114-127
- Carvalho PD, Souza AH, Amundson MC, Hackbart KS, Fuenzalida MJ, Herlihy MM, Ayres H, Dresch AR, Vieira LM, Guenther JN, Grummer RR, Fricke PM, Shaver RD, Wiltbank MC. Relationships between fertility and postpartum changes in body condition and body weight in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2014; 97(6): 3666-83. doi: 10.3168/jds.2013-7809.
- Crudeli GA, De La Sota RL. Puerperio. In: *Reproducción en Búfalas. 1era edición*, Crudelli GA, Konrad JL, Patiño EM (editores). Moglia Ediciones, Corrientes, Argentina, 2016; p. 139-149.
- Crudeli GA, Konrad JL, Patiño EM. Situación de la bubalinocultura en países americanos. In: *Reproducción en Búfalas. 1era edición*, Crudelli GA, Konrad JL, Patiño EM (editores). Moglia Ediciones, Corrientes, Argentina, 2016; p. 235.
- Cui L, Wang H, Ding Y, Li J, Li J. Changes in the blood routine, biochemical indexes and the pro-inflammatory cytokine expressions of peripheral leukocytes in postpartum dairy cows with metritis. *BMC Vet. Res.* 2019; 15(1): 157. doi:10.1186/s12917-019-1912-y.
- de Camargo GM, Aspilcueta-Borquis RR, Fortes MR, Porto-Neto R, Cardoso DF, Santos DJ, Lehnert SA, Reverter A, Moore SS, Tonhati H. Prospecting major genes in dairy buffaloes. *BMC Genomics* 2015; 16: 872. doi:10.1186/s12864-015-1986-2.
- Dechow, C. D., G. W. Rogers, and J. S. Clay. Heritability and correlations among body condition score loss, body condition score, production and reproductive performance.

- J. Dairy Sci. 2002; 85:3062-3070. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74393-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74393-2).
- Deka RS, Mani V, Kumar M, Shiwajirao ZS, Tyagy AK, Kaur H. Body condition, energy balance and immune status of periparturient Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*) supplemented with inorganic chromium. *Biol. Trace Elem. Res.* 2014; 161: 57-68.
 - Delfino NC, Bulcão LFA, Alba HDR, Oliveira MXDS, Queiroz FPS, Carvalho GGP, Rennó FP, de Freitas Júnior JE. Influence of body condition score at calving on the metabolic status and production performance of Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*) during the transition period. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2018; 31(11): 1756-1765. doi: 10.5713/ajas.17.0223.
 - Devkota B, Nakao T, Kobayashi K, Sato H, Sah SK, Singh DK, Dhakal IP, Yamagishi N. Effects of treatment for anestrus in water buffaloes with PGF2 α and GnRH in comparison with vitamin-mineral supplement, and some factors influencing treatment effects. *J. Vet. Med. Sci.* 2013; 75(12): 1623-1627
 - Devkota B. Association of nutritional status to reproductive performance in buffaloes. *J. Agric. Forest University* 2018; 2: 1-7.
 - Duque CM. Estimation of genetic parameters, breeding values and genetic trends for milk yield, calving interval and first calving age of buffaloes (*Bubalus bubalis*) in Tierralta-Córdoba (Colombia). *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 2016; 11(3): 146.
 - El-Azab EA, Mansour H, Heshmat H, Shawki G. The postpartum period and future fertility of the Egyptian buffalo cows. In: *Proceedings of the 10th Int. Congr. Animal. Reprod. & A.I.*, vol. III, Urbana, 1984; p. 424
 - El-Barody MAA, Daghash HA, Rabie ZBH. Some physiological responses of pregnant Egyptian buffalo to niacin supplementation. *Livest. Prod. Sci.* 2001; 69: 291-296. doi:10.1016/S0301-6226(01)00169-5.
 - El-Belely NS, Zaky K, Grunert E. Plasma profiles of progesterone and total estrogens in buffaloes (*Bubalus bubalis*). *J. Agric. Sci. Cambridge* 1988; 111: 519-524.
 - El-Fadaly MA. Effect of suckling and milking on breeding efficiency of buffaloes. II. First postpartum estrus. *Vet. Med. J. Egypt* 1980; 28: 399-404.
 - Elsayed DH, Abdelrazek HMA, El Nabtiti AAS, Mahmoud YK, Abd El-Hameed NE. Associations between metabolic profiles, post-partum delayed resumption of ovarian function and reproductive performance in Egyptian buffalo: Functions of IGF-1 and antioxidants. *Anim. Reprod. Sci.* 2019; 208: 106134 <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106134>.
 - Elsayed DH, Abdelrazek HMA, El-Azzazi FE, Ismail SAA, Mahmoud YK. Hormonal and metabolic profiles related to placental retention with emphasis on oxidative stress and serotonin receptors in pluriparous buffaloes. *Reprod. Domest. Anim.* 2020; doi: 10.1111/rda.13640.
 - Elsayed Mahmoud M, Salman D. Low body condition scoring as a detrimental factor to reproductive performance and behavior in dairy cattle and Seidi buffaloes. *Assiut. Vet. Med. J.* 2015; 61(145): 112-118.
 - El-Tarabany MS. Survival analysis and seasonal patterns of pregnancy outcomes in Egyptian buffaloes. *Livest. Sci.* 2018; 213: 61-66 doi 10.1016/j.livsci.2018.05.008.
 - Esposito G, Iron PC, Webb EC, Chapwanya A. Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 2014; 144: 60-71.
 - Fiore E, Giambelluca S, Morgante M, Contiero B, Mazzotta E, Vecchio D, Vazzana I, Rossi P, Arfuso F, Piccione G, Gianesella M. Changes in some blood parameters, milk composition and yield of buffaloes (*Bubalus bubalis*) during the transition period. *Anim. Sci. J.* 2017; 88(12): 2025-2032. doi: 10.1111/asj.12872.
 - Fiore E, Arfuso F, Gianesella M, Vecchio D, Morgante M, Mazzotta E, Badon T, Rossi P, Bedin S, Piccione G. Metabolic and hormonal adaptation in *Bubalus bubalis* around calving and early lactation. *PLoS One.* 2018; 13(4): e0193803. doi: 10.1371/journal.pone.0193803.
 - Fooda TA, Kawthar AM, Gebreel IA. Phenotypic and genetic trends for milk production in Egyptian buffaloes. *Journal of American Science* 2010; 6(11): 143-174.
 - Gallego C, Fraga ML, Peñalver A, García A, Lopez RG, Lenz Sousa MI, Oba E. Performance of energy and protein metabolism of female water buffaloes during early postpartum period. *Cuban Journal of Agricultural Science* 2019; 53(3): 231-239.
 - Gamit PM, Singh RR, Kumar A, Kharadi VB, Patel NB. Relationship of postpartum interval to estrus, body condition score, milk yield and blood biochemical parameters in Surti buffaloes (*Bubalus bubalis*). *J. Applied Nat. Sci.* 2016; 8(2):899-904.
 - Golla N, Chopra A, Boya S, Kumar TVC, Onteru SK, Singh D. High serum free fatty acids and low leptin levels: Plausible metabolic indicators of negative energy balance in early lactating Murrah buffaloes. *J. Cell Physiol.* 2019; 234(6): 7725-7733. DOI: 10.1002/jcp.28081.
 - Grasso F, Terzano GM, De Rosa G, Tripaldi C, Napolitano F. Influence of housing conditions and calving distance on blood metabolites in water buffalo cows. *Italian J. Anim. Sci.* 2004; 3: 275-282.
 - Grummer RR. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim. Sci.* 1995; 73(9): 2820-2833.
 - Grummer RR, Mashek DG, Hayirli A. Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Vet. Clin. Food Anim.* 2004; 20: 447-470.
 - Hansen HH, El-Bordeny NE, Ebeid HM. Response of primiparous and multiparous buffaloes to yeast culture supplementation during early and mid-lactation. *Animal Nutrition* 2017; 3: 411-418.
 - Hussain R, Javed MT, Khan A, Muhammad G. Risks factors associated with subclinical mastitis in water buffaloes in Pakistan. *Trop. Anim. Health Prod.* 2013; 45: 1723-1729. <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0421-4>
 - Hussein HA, Abdel-Raheem SM. Effect of feed intake restriction on reproductive performance and pregnancy rate in Egyptian buffalo heifers. *Trop. Anim. Health Prod.* 2013; 45: 1001-1006. doi 10.1007/s11250-012-0324-9.

- Infascelli F, De Rosa C, Amante L, Zicarelli F, Potena A, Campanile G. Productive level and energy balance in buffalo cow. *Italian J. Anim. Sci.* 2003; 2(Suppl. 1): 204-206.
- Kumar R, Dass RS. Effect of Niacin Supplementation on Rumen Metabolites in Murrah Buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2005; 18(1): 38-41.
- Lakshmi Kavitha K, Rajesh K, Suresh K, Satheesh K, Syama Sundar N. Buffalo mastitis-Risk factors. *Buffalo Bulletin* 2009; 28(3): 135-137.
- Li B, Fikse WF, Lassen J, Lidauer MH, Løvendahl P, Mäntysaari P, Berglund B. Genetic parameters for dry matter intake in primiparous Holstein, Nordic Red, and Jersey cows in the first half of lactation. *J. Dairy Sci.* 2016; 99(9): 7232-7239. doi: 10.3168/jds.2015-10669.
- Mahmoud ME, Salman D. Low body condition scoring as a detrimental factor to reproductive performance and behavior in dairy cattle and Seidi buffaloes. *Assiut. Vet. Med. J.* 2015; 61(145): 112-118.
- Malhado CHM, Malhado ACM, Ramos AA, Carneiro PLS, De Souza JC, Pala A. Genetic parameters for milk yield, lactation length and calving intervals of Murrah buffaloes from Brazil. *R. Bras. Zootec.* 2013; 42(8): 565-569.
- Manimaran A, Kumaresan A, Sreela L, Boopathi V, Arul Prakash M. Effects of clinical mastitis on days open in dairy cattle and buffaloes, *Indian Vet. J.* 2014; 91(12): 67-68.
- Manoj M, Gupta AK, Mohanty TK, Muhammad Aslam MK, Dash SK, Chakravarty AK, Singh A. Effect of functional traits on subsequent reproduction performance of Murrah buffaloes in India. *Journal of Applied Animal Research* 2017; 45(1): 22-28. DOI: 10.1080/09712119.2015.1102727
- Mansour MM, Zeitoun MM, Hussein FM. Mastitis outcomes on pre-ovulatory follicle diameter, estradiol concentrations, subsequent luteal profiles and conception rate in Buffaloes. *Anim. Reprod. Sci.* 2017; 181:159-166 <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.04.004>.
- Mansour MM, Hendawy AO, Zeitoun MM. Effect of mastitis on luteal function and pregnancy rates in buffaloes. *Theriogenology.* 2016; 86(5): 1189-94.
- Marques LC, McManus C, Peripolli V, Araújo CV, Matos AS, Costa JS, Silva CS, Sales RL, Camargo Junior RNC, Laureano MMM, Marques JRF. Genetic evaluation of milking buffaloes (*Bubalus bubalis*): bull ranking. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2019; 71(5): 1712-1718.
- Mavi PS, Bahga, CS, Verma HK, Uppal SK, Sidhu SS. 2011. Postpartum performance as influenced by body weight changes at parturition in buffaloes. *Indian J. Anim. Reprod.* 2011; 32(1): 61-63.
- Menendez-Buxadera A, Verde O. Componentes de (co)varianza de la producción de leche de un rebaño bufalino venezolano estimados con modelos de lactancia completa o del día de control. *Zootecnia Trop.* 2014; 32(1): 63-75.
- Middleton EL, Minela T, Pursley JR. The high-fertility cycle: How timely pregnancies in one lactation may lead to less body condition loss, fewer health issues, greater fertility, and reduced early pregnancy losses in the next lactation. *J. Dairy Sci.* 2019; 102(6): 5577-5587.
- Mili B, Pandita S, Bharath Kumar BS. Association of blood metabolites with reproductive disorders in postpartum Murrah buffaloes. *Buffalo Bulletin* 2016; 35(4): 643-651.
- Mohamed SAM, Mostafa HAM, Abdel-Aziz MMM, Abdel-Salam SAM, Ibrahim MAM, Sadek RR. Estimation of genetic and phenotypic trend of total milk yield of Egyptian buffalo raised at experimental farm in Egypt. *J. Animal and Poultry Production, Mansoura University* 2010; 1(7): 275-281.
- Monteiro BM, Yasouka MM, Pogliani FC, Ayres H, Viana RB, Birgel Junior EH. Lipid and glucose profiles of dairy buffaloes during lactation and dry period. *Rev. Cienc. Agrar.* 2012; 55(1): 33-39.
- Moore SG, Fair T, Lonergan P, Butler ST. Genetic merit for fertility traits in Holstein cows: IV. Transition period, uterine health, and resumption of cyclicity. *J. Dairy Sci.* 2014; 97: 2740-2752.
- Nava-Trujillo H, Escalona-Muñoz J, Carrillo-Fernández F, Parra-Olivero A. Effect of parity on productive performance and calving interval in water buffaloes. *J. Buffalo Sci.* 2018; 7: 13-16.
- Nava-Trujillo H, Valeris-Chacin R, Quintero-Moreno, A, Escalona-Muñoz J. Milk yield at first lactation, parity, and season of calving affect the reproductive performance of water buffalo cows. *Anim. Prod. Sci.* 2020; <https://doi.org/10.1071/AN18420>.
- Nazir G, Ghuman SP, Singh J, Honparkhe M, Ahuja CS, Dhaliwal GS, Sangha MK, Saijpal S, Agarwal SK. Improvement of conception rate in postpartum flaxseed supplemented buffalo with Ovsynch+CIDR protocol. *Anim. Reprod. Sci.* 2013; 137(1-2): 15-22. doi: 10.1016/j.anireprosci.2012.11.012.
- Othoman OE, Ahmed WM, Balabel EA. Genetic polymorphism of Cyp19 gene and its association with ovarian activity in Egyptian buffaloes. *Global Veterinaria.* 2014; 12(6): 768-773. DOI: 10.5829/idosi.gv.2014.12.06.83270.
- Pande N, Agrawal R, Shrivastava OP, Swamy M. Alterations in haemato-metabolic status and body condition score of buffaloes during the transition period. *J. Livestock Sci.* 2016; 7: 122-125.
- Patel M, Lakhani GP, Ghosh S, Nayak S, Roy B, Baghel RPS, Jain A. Effect of body condition score on milk production, milk composition and reproductive performance of lactating Murrah buffaloes. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2018; 7(11): 1204-1212.
- Pathan MM, Kaur M, Mohanty AK, Kapila A, Dang AA. Comparative evaluation of neutrophil competence and activity of cows and buffaloes around peripartum. *Journal of Applied Animal Research.* 2015; 43(1): 61-68, DOI: 10.1080/09712119.2014.896260
- Patra MK, Kumar H, Nandi S. Neutrophil functions and cytokines expression profile in buffaloes with impending postpartum reproductive disorders. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2013; 26(10): 1406-1415. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2012>.
- Qureshi MS, Habib G, Samad HA, Siddiqui MM, Ahmad N, Syed M. Reproduction-nutrition relationship in dairy buffaloes. I. Effect of intake of protein, energy and blood

- metabolites levels. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2002; 15: 330-339
- Raj MP, Venkata Naidu G, Srinivas M, Raghunath M, Rao KA. Relationship of body condition score at estrus and conception rate in graded Murrah buffaloes. *J. Anim. Res.* 2016; 6(5): 829-834.
 - Reddy NA, Venkata Seshiah CH, Sudhakar K, Srinivasa Kumar D, Kanth Reddy PR. Negative energy balance indicators as predictors for milk production in high yielding Murrah buffaloes. *GJBB* 2017; 6(2): 369-373.
 - Reddy NA, Venkata Seshiah CH, Sudhakar K, Srinivasa Kumar D, Kanth Reddy PR. Extent of adaptation of high yielding Murrah buffaloes to negative energy balance in response to various dry period lengths. *Indian J. Anim. Res.* 2018a; 52(11): 552-1556.
 - Reddy NA, Venkata Seshiah Ch, Sudhakar K, Srinivasa Kumar D, Kanth Reddy PR. Effects of shortened dry period on the physical indicators of energy reserves mobilization in high yielding Murrah buffaloes. *Indian J. Anim. Res.* 2018b; 52(11): 1656-1660.
 - Rossi P, Vecchio D, Neglia G, Di Palo R, Gasparri B, D'Occhio R, Campanile G. Seasonal fluctuations in the response of Italian Mediterranean buffaloes to synchronization of ovulation and timed artificial insemination. *Theriogenology.* 2014; 82(1): 132-137.
 - Safari A, Shadparvar AA, Hossein-Zadeh NG, Abdollahi-Arpanahi R. Economic values and selection indices for production and reproduction traits of Iranian buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Trop. Anim. Health Prod.* 2019; 51(5):1209-1214 <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01811-7>.
 - Salvador RT, Beltran JM, Abes NS, Gutierrez CA, Mingala CN. Short communication: Prevalence and risk factors of subclinical mastitis as determined by the California Mastitis Test in water buffaloes (*Bubalis bubalis*) in Nueva Ecija, Philippines. *J. Dairy Sci.* 2012; 95(3): 1363-1376. doi:10.3168/jds.2011-4503.
 - Sampedro D, Crudeli G. Condición corporal y preñez en búfalas. In: *Reproducción en Búfalas*. 1era edición, Crudeli GA, Konrad JL, Patiño EM (editores). Moglia Ediciones, Corrientes, Argentina, 2016; p. 167-173.
 - Sarwar M, Shahzad MA, Nisa M. Influence of varying level of sodium bicarbonate on milk yield and its composition in early lactating Nili Ravi buffaloes. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2007; 20(12): 1858-1864.
 - Seno LO, Cardoso VL, El Faro L, Sesana RC, Aspilcueta-Borquis RR, de Camargo GMF, Tonhati H. Genetic parameters for milk yield, age at first calving and interval between first and second calving in milk Murrah buffaloes. *Livest. Res. Rural Dev.* 2010; 22: Article #38, Retrieved March 17, 2020, from <http://www.lrrd.org/lrrd22/2/seno22038.htm>.
 - Senosy W, Hussein HA. Association among energy status, subclinical endometritis postpartum and subsequent reproductive performance in Egyptian buffaloes. *Anim. Reprod. Sci.* 2013; 140: 40-46.
 - Shahzad MA, Sarwar M, Nisa M. Influence of altering dietary cation anion difference on milk yield and its composition by early lactating Nili Ravi buffaloes in summer. *Livest. Sci.* 2008; 113: 133-143.
 - Singh S, Golla N, Sharma D, Singh D, Onteru SK. Buffalo liver transcriptome analysis suggests immune tolerance as its key adaptive mechanism during early postpartum negative energy balance. *Funct. Inter. Genomics* 2019; <https://doi.org/10.1007/s10142-019-00676-1>
 - Tekerli M, Küçükkepççi M, Akalın NH, Koçak S. Effects of environmental factors on some milk production traits, persistency and calving interval of Anatolian buffaloes. *Livest. Prod. Sci.* 2001; 68: 275-281. doi:10.1016/S0301-6226(00)00240-2.
 - Tiezzi F, Cecchinato A, De Marchi M, Gallo L, Bittante G. Characterization of buffalo production of northeast of Italy. *Italian J. Anim. Sci.* 2009; 8(Suppl. 3): 160-162.
 - Tonhati H, Vasconcellos FB, Albuquerque LG. Genetic aspects of productive and reproductive traits in a Murrah buffalo herd in São Paulo, Brazil. *J. Anim. Breed Genet.* 2000; 117: 331-336.
 - Vala KB, Dhami AJ, Kavani FS, Bhandari BB, Parmar SC. Impact of peripartum nutritional supplementation on thyroid hormones, metabolites and reproductive peridata in Jafarabadi buffaloes. *Ind. J. Vet. Sci. Biotech* 2020; 10.21887/ijvsbt.15.3.5
 - Valsalan J, Chakravarty AK, Patil CS, Dash SK, Mahajan AC, Kumar V, Vohra V. Enhancing milk and fertility performances using selection index developed for Indian Murrah buffaloes. *Trop. Anim. Health Prod.* 2014; DOI 10.1007/s11250-014-0596-3
 - Verdurico LC, Gandra JR, Tekiya CS, Freitas Junior JE, Barletta RV, Gardinal R, Calomeni GD, De Paiva PG, Renno FP. Differences in blood and milk fatty acid profile of primiparous and multiparous Mediterranean buffaloes cows during transition period and early lactation. *J. Buffalo Sci.* 2015; 4(2): 40-45.
 - Vilela RNS, Sena TM, Aspilcueta-Borquis RR, Seno LO, De Araujo Neto FR, Becker Scalez DC, Tonhati H. Genetic correlations and trends for traits of economic importance in dairy buffalo. *Anim. Prod. Sci.* 2020; 60(4) 492-496 DOI: 10.1071/AN19051
 - Weigel KA. Prospects for improving reproductive performance through genetic selection. *Anim. Reprod. Sci.* 2006; 96:323-330.
 - Zava MA, Sansinena M. Buffalo dairy production: A review. In: *The Buffalo (Bubalus bubalis) - Production and Research*. Presicce GA (Ed.) Bentham Science Publishers, Sharjah, UAE. 2017; pp. 225-261.
 - Zicarelli L. Note comparative di fisiopatologia della riproduzione tra le specie bovina e bufalina. *Proc Giornate Buiatriche* 1997; 84-104 pp.
 - Zicarelli L. Buffalo milk: its properties, dairy yield and mozzarella production. *Veterinary Research Comm.* 2004; 28:127-135.
 - Zulu VC, Sawamukai Y, Nakada K, Kida K, Moriyoshi M. Relationship among insulin-like growth factor-I, blood metabolites and postpartum ovarian function in dairy cows. *J. Vet. Med. Sci.* 2002; 64(10): 879-885.