



**PRODUCCIÓN, CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y PERFIL SENSORIAL DE LECHE DE BÚFALAS SUPLEMENTADAS CON ENSILADO DE PEZ DIABLO (*Pterygoplichthys* sp.) †**

**[PRODUCTION, PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND SENSORY PROFILE OF BUFFALO MILK SUPPLEMENTED WITH SILAGE OF DEVIL FISH (*Pterygoplichthys* sp.)]**

**Abimael García-Hernández<sup>1</sup>, Rosa Isela Castillo Zamudio<sup>1</sup>, Silvia López Ortíz<sup>1</sup>, Jesús Alberto Ramos Juárez<sup>3</sup>, Eduardo Manuel Graillet Juárez<sup>4</sup>, Hortensia Brito Vega<sup>2</sup>, Rodolfo Osorio-Osorio<sup>2</sup>, Fidel Ulín Montejo<sup>2</sup> and Rosa Ma. Salinas Hernández<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>*Campus Veracruz, Colegio de Postgraduados. Km. 88.5 Carretera Federal. Xalapa-Veracruz. M. F. Altamirano, Veracruz. México. Email: garcia.abimael@colpos.mx, rosychely@colpos.mx, silvia\_lopez@colpos.mx*

<sup>2</sup>*División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Villahermosa, Centro, Tabasco, México. Email: rosa.salinas@ujat.mx, fidel.ulín@ujat.mx, brito05@yahoo.com.mx, rodolfo.osorio@ujat.mx*

<sup>3</sup>*Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados. Periférico S/N, 86500 Heroica Cárdenas, Tabasco. México. Email: ramosj@colpos.mx*

<sup>4</sup>*Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria, Universidad Veracruzana. Carretera Costera del Golfo Km. 220, C. Agrícola y Ganadera, 96000 Acayucan, Veracruz. México. Email: egraillet@uv.mx*

*\*Corresponding author*

## SUMMARY

**Background.** The purpose of providing nutritional supplementation to grazing cattle is to complement the nutrients and energy that the animals cannot obtain from pasture, and to improve the quality and composition of cattle products for the benefit of consumers. In the present study, lactating buffaloes of the Buffalypso breed were supplemented with biological silage of devil fish (*Pterygoplichthys* sp.). **Objective.** The aim of the study was to evaluate the effect of supplementation with biological silage of devil fish (*Pterygoplichthys* sp.), on the production and physicochemical and sensory characteristics of the milk obtained. **Methodology.** Twenty-four female buffaloes were assigned in a completely randomized design with three treatments and eight repetitions. The treatments were: grazing buffaloes without supplement (Control); grazing buffaloes + supplement consisting of soybean paste as protein ingredient (SS); grazing buffaloes + supplement consisting of biological silage of devil fish as protein ingredient (SP). The duration of the study included 16 days of adaptation to the diet and 10 days of experimental phase. The supplements were made using artisanal methods, and 3 kg (dry basis) of SS and SP supplements were provided daily. During the 10 days of the experimental phase, milk production was measured individually. On day eight, milk aliquots were taken for sensory evaluation, which consisted of a triangular test with 20 semi-trained judges, and a descriptive test with five trained judges. The characteristics evaluated in the descriptive test were appearance, odor, taste and texture in the mouth, and their descriptors. On day nine of the experimental phase, milk samples were taken for physicochemical analysis to determine density, pH, freezing point, non-fat solids, fat, protein and lactose. **Results.** Supplementation increased the amount of milk produced by grazing buffaloes ( $p < 0.001$ ). However, no differences ( $p > 0.05$ ) were found in any of the physicochemical characteristics of milk. In the triangular test, SP milk differed significantly from SS milk ( $p < 0.05$ ). Based on the descriptive test, SP milk differed from the milk from other treatments in appearance, fresh milk flavor, milk cream flavor, sweet taste and consistency. **Conclusion.** Supplementation with devil fish as a protein source increased the production of milk of grazing buffaloes by 25%, did not modify the physicochemical composition and sensory qualities of the milk, and it intensified its sweet taste, milk cream flavor and thick consistency, improving its appearance.

**Key words:** milk quality, sensory attributes, protein supplement.

† Submitted October 9, 2019 – Accepted April 22, 2020. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.

## RESUMEN

**Antecedentes.** La suplementación nutricional, en el ganado en pastoreo, permite complementar los nutrientes y la energía que los pastos no aportan; también se puede usar para mejorar la calidad y composición de los productos para beneficio de los consumidores. En esta investigación se suplementaron búfalas lactantes de la raza Bufalipso con ensilado de pez diablo (*Pterygoplichthys* sp.) como fuente de proteína. **Objetivo.** El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación con ensilado de pez diablo (*Pterygoplichthys* sp.), en la producción y en las características fisicoquímicas y sensoriales de la leche. **Metodología.** Se distribuyeron 24 búfalas en un diseño completamente al azar con tres tratamientos y ocho repeticiones. Los tratamientos fueron: búfalas en pastoreo sin suplemento (Control), búfalas en pastoreo + suplemento con pasta de soya como ingrediente proteico (SS) y búfalas en pastoreo + suplemento con ensilado de pez diablo como ingrediente proteico (SP). El estudio tuvo una duración de 16 días de adaptación a la dieta y 10 días de fase experimental. Los suplementos se elaboraron artesanalmente y se les ofreció diariamente a las búfalas 3 kg de los suplementos SS y SP en base seca. Durante los 10 d de la fase experimental, se pesó la producción de leche de manera individual. En el día ocho, se tomaron alícuotas de leche para la evaluación sensorial, que consistió en una prueba triangular con 20 jueces semi-entrenados y una prueba descriptiva con la participación de cinco jueces entrenados; las características evaluadas en la prueba descriptiva fueron apariencia, olor, sabor y textura en la boca, y sus descriptores. En el día nueve de la fase experimental, se tomó una muestra de leche para los análisis fisicoquímicos, a determinar: densidad, pH, punto de congelación, sólidos no grasos, grasa, proteína y lactosa con un Lactoscan MCC Milkotronic. **Resultados.** La suplementación aumentó la producción de leche respecto a la cantidad producida por las búfalas en pastoreo ( $p < 0.001$ ). Sin embargo, no se encontró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) en ninguna de las variables fisicoquímicas de la leche. En la prueba triangular, la leche de SP difirió significativamente de la leche de SS ( $p < 0.05$ ). Según la prueba descriptiva, la leche de búfalas alimentadas con SP, se diferenció de la leche de los demás tratamientos en los atributos de apariencia, sabor a leche fresca, sabor a crema de leche, sabor dulce y consistencia. **Conclusión.** La suplementación con pez diablo, como fuente de proteína, incrementa en un 25 % la producción de leche de búfalas en pastoreo, no modifica la composición fisicoquímica ni la calidad sensorial de la leche, y no confiere olores o sabores extraños; por el contrario, intensifica los atributos de sabor dulce, sabor a crema de leche y consistencia espesa, que influyen en la apariencia.

**Palabras claves:** calidad de leche, atributos sensoriales, suplemento proteínico.

## INTRODUCCIÓN

El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) es un rumiante doméstico de comportamiento gregario, que tiene gran potencial para la producción de carne, leche y como medio de tracción (Rosales, 2009). El origen de esta especie es el trópico húmedo ecuatorial asiático, pero su rusticidad le ha valido una amplia distribución (Álvarez, 2013). Los búfalos son la segunda fuente de suministro de leche en el mundo, con una producción mundial que supera los 120.35 millones de toneladas y que contribuye al 14.4% del total de leche producida anualmente. Los mayores productores de leche de búfala de agua son la India y Pakistán, donde las búfalas producen más leche que el ganado vacuno (FAO, 2019).

La población de búfalos en México es mestiza principalmente de la raza Bufalipso, en particular los de la zona sur del estado de Veracruz, donde se pueden encontrar ejemplares con características de la raza Murrah, Mediterránea, Jafarabadi, Nili-Ravi, y algunos casos de Carabao (Hernández-Herrera *et al.*, 2018). Históricamente, esta región de Veracruz se ha caracterizado por su vocación ganadera, sin embargo, la compleja realidad del campo mexicano ha llevado a un grupo de productores a optar por los búfalos en pastoreo como una alternativa interesante, debido al excelente comportamiento, eficiencia y productividad de los animales en sistemas de bajos insumos (Fundora

*et al.*, 2004; Hernández-Herrera *et al.*, 2018). En México, la alimentación de los búfalos depende principalmente del pastoreo, salvo algunos suministros de sales minerales y rara vez la suplementación con silo (Hernández-Herrera *et al.*, 2018). Aunque los búfalos son eficientes utilizando alimentos de bajo valor nutritivo (Gutiérrez, 2014), es necesario garantizar la oferta de nutrientes en cantidades que cubran sus requerimientos de mantenimiento y de producción, para una adecuada eficiencia de esta especie (Planas y García, 2002).

La suplementación permite suministrar al ganado los nutrientes y energía necesarios para su desarrollo y producción. La proteína es el nutriente más deficiente en el ganado en pastoreo o alimentado con esquilmos, en estas condiciones los rumiantes consumen en promedio 9.5 de proteína cruda y los residuos de cosecha contienen menos de 6% de proteína (Ramos *et al.*, 1998; INTAGRI, 2018). Sin embargo, la suplementación implica grandes costos, por lo que difícilmente es implementada por los productores (Cobb, 2002), de allí la importancia de buscar insumos proteicos de menor costo entre los recursos locales, que puedan utilizarse para suplementar al ganado (Araque *et al.*, 2000).

Cuando se suplementa o se suministra un nuevo alimento, es necesario realizarlo de forma paulatina para evaluar los beneficios y también prevenir posibles

respuestas negativas. Este periodo de adaptación inicia con raciones que se incorporan a la dieta paulatinamente durante un periodo mínimo de 15 días hasta aumentar al límite de suplemento que se va a proporcionar en la dieta. El nuevo suplemento tiene efectos sobre la flora microbiana y el metabolismo desde el primer día, y se considera que un cambio total ocurre entre los ocho y doce días (Tait y Fisher, 1996).

Qureshi *et al.* (2001) indican que las búfalas que reciben los nutrientes adecuados presentan mejor condición corporal, lo que les permite producir mayores cantidades de leche. Asimismo, Faruque y Hossain (2007) observaron un incremento significativo en el contenido de proteína de la leche de búfalas suplementadas con pasta de soya, respecto al nivel observado para búfalas en pastoreo. La leche de búfalas tiene una calidad físico-química y nutricional sobresaliente (Ahmad *et al.*, 2013), comparada a la leche de otras especies, pero su calidad y características organolépticas también pueden modificarse debido a la suplementación (Shelke y Thakur, 2011).

Diversas investigaciones han evaluado el efecto de la suplementación proteica, energética y lipídica en los búfalos (Santillo *et al.*, 2016; Bustamante *et al.*, 2017; Naveed-ul-Haque *et al.*, 2018). Sin embargo, en las condiciones tropicales de México no existe información acerca de su utilización en la especie bufalina. En esta investigación se propone utilizar el ensilado del pez *Pterygoplichthys* sp., llamado comúnmente pez diablo, como fuente de proteína de bajo costo, para complementar la alimentación de búfalas en pastoreo. El pez diablo es considerado como una plaga de alto impacto ambiental y social en los sistemas de producción acuícolas (Pérez e Iglesias, 2016), y dado que es un recurso disponible en la región de estudio, se puede aprovechar como fuente de proteína después de un proceso de fermentación anaeróbica (ensilado) del pescado fresco, lo que elimina el olor y sabor característicos del pescado usando bacterias lácticas y carbohidratos. El ensilado ha sido estudiado en la dieta de porcinos, bovinos, aves y cuyes, así como en la acuicultura (Mattos *et al.*, 2003; Santana-Delgado *et al.*, 2008; Spanopoulos-Hernández *et al.*, 2010). Sin embargo, no ha sido evaluada en la dieta de búfalos, ni los efectos que pueda tener en la producción, la composición fisicoquímica y características organolépticas de la leche de esta especie. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción, composición fisicoquímica y características sensoriales de la leche de búfalas suplementadas con un alimento a base de ensilado de pez diablo como fuente de proteína.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La investigación se realizó en el Municipio de Hidalgotitlán, ubicado en la zona sur del estado de Veracruz, en las coordenadas 94° 35'38.8" Longitud Oeste, 17° 39' 32" Latitud Norte, donde el clima es cálido húmedo, con lluvias en verano del tipo Am según la clasificación climática de Köppen (García, 2004), con temperaturas máxima, media y mínima de 33, 25 y 19°C, respectivamente. La precipitación pluvial anual oscila de 1900 a 2600 mm. El municipio se localiza a 23 msnm (INEGI, 2010).

### Tratamientos y diseño experimental

Se seleccionaron 24 búfalas de un lote de 300 hembras en producción de la raza Bufalipso; las búfalas seleccionadas se encontraban entre el segundo y tercer parto, en el día 60 ± 15 días de lactancia, y tenían 550 ± 50 kg de peso vivo. En un diseño completamente al azar, las búfalas se asignaron de forma aleatoria a uno de tres tratamientos, con ocho repeticiones por tratamiento, y se tomó a cada búfala como unidad experimental.

Los tratamientos (T) fueron, T1: búfalas en pastoreo sin suplemento (Control), T2: búfalas en pastoreo + suplemento con pasta de soya como ingrediente proteico (SS) y T3: búfalas en pastoreo + suplemento con ensilado de pez diablo como ingrediente proteico (SP).

### Elaboración de los suplementos

Antes de elaborar los suplementos se realizó un balance alimenticio de las búfalas pastando *Paspalum fasciculatum*, principalmente. Se tomaron muestras de la gramínea en su punto óptimo de reposo (Pinheiro, 2015) y se determinó el contenido de proteína cruda por el método de Kjeldahl y energía metabolizable según la NRC (1996). Se determinaron los requerimientos nutricionales de búfalas en lactancia con una producción de 10 kg de leche diarios con 6% de grasa, establecidos en la nueva norma propuesta por Paul *et al.* (2002). Con estos datos se obtuvo la demanda de energía metabolizable y proteína cruda no cubierta por la gramínea, y que debería suplirse con un suplemento.

Se formularon dos suplementos para ser isoproteicos e isoenergéticos, variando la fuente de proteína para cada uno y las cantidades de los ingredientes adicionales de acuerdo a la Tabla 1.

El procedimiento para elaborar el suplemento con ensilado de pez diablo como fuente proteica inició con

la preparación de un inoculo microbiano, elaborado con 15% de melaza, 4% de pasta de soya, 4% de pulido de arroz, 0.5% de sales minerales, 0.32% de sulfato de magnesio, 0.48% de urea, 5% de yogurt natural Yoplait® y 70.7 L de agua. Los ingredientes se mezclaron en un tanque de 200 L, la mezcla se mantuvo en condiciones aeróbicas durante tres días, y se agitó por periodos de 5min, cinco veces cada día. La elaboración del suplemento, así como su uso, se llevó a cabo en el Rancho “Sehualaca Bufalera”, Ejido de Sehualaca, Municipio de Hidalgotitlán, ubicado en la región Olmeca zona sur del estado de Veracruz

**Tabla 1. Ingredientes y composición porcentual de los suplementos con pasta de soya (SS) y ensilado de pez diablo (SP) como fuente protéica, elaborados para búfalas lactantes en pastoreo.**

Ingredientes*	SP	SS
Ensilado pez diablo	20.00	-----
Inóculo microbiano	5.00	-----
Pasta de soya	2.96	15.58
Maíz	51.54	55.84
Salvado de trigo	11.70	19.79
Melaza	5.00	5.00
Urea	1.00	1.00
Sulfato de magnesio	0.30	0.30
Minerales	2.50	2.50
<i>Composición química de los suplementos</i>		
Materia seca	75.20	87.25
Proteína cruda	18.00	18.00
EM (Mcal kg MS <sup>-1</sup> )	2.9	2.9

\*Los ingredientes se integraron en base húmeda; EM: Energía metabolizable.

Una vez elaborado el inoculo, se procedió a elaborar el ensilado del pez. Los peces todavía frescos se lavaron con agua corriente, se eliminaron las cabezas, y los cuerpos se trituraron con una picadora de forraje marca (Rayken RKP2000B C/Motor Korei 6.7 HP RKP2000B-KR67), a un tamaño de partícula entre 1 y 2 cm. Posteriormente, se elaboraron 300 kg de una mezcla con 60 % de pez triturado, 20 % melaza y 20 % del inóculo microbiano. La mezcla se dejó fermentar anaeróbicamente durante 20 d en un tanque de plástico de 200 L de capacidad, sellado herméticamente, adaptado con una manguera de plástico con trampa de agua, para liberar el CO<sub>2</sub> producido por los microorganismos durante el proceso de fermentación. La mezcla se agitó en las mañanas, durante los primeros 5 días.

El ensilado obtenido se mezcló con los otros ingredientes (Tabla 1) para elaborar el suplemento manualmente en porciones de 200 kg. Se envasó en bolsas de nylon negras con capacidad de 25 kg, se cerraron y se empacaron en costales de rafia para seguir cuidando el proceso de fermentación. El suplemento con pasta de soya como ingrediente proteico (Tabla 1) se elaboró de la misma forma descrita para el primer suplemento y se almacenó en costales de rafia con capacidad de 25kg.

### Procedimiento experimental

El periodo de adaptación de los animales fue de 16 d y se inició con 2 kg (base seca) de cada suplemento, cantidad que se incrementó paulatinamente hasta llegar a 3 kg en el día 16 de adaptación. Posteriormente, se inició el periodo experimental que comprendió los siguientes 10 d. El experimento se realizó del 13 de febrero a 11 de marzo de 2019.

Las búfalas se ordeñaron diariamente (7:00 - 10:00 h) de forma manual. A cada animal, se le aplicó una inyección de 0.3 mL de oxitocina, para estimular la bajada de leche, lo cual es una práctica del rancho. Al momento de la ordeña, se les ofreció de manera individual, los 3 kg de suplemento (base seca) para los tratamientos SP y SS. Después de la ordeña las búfalas permanecieron lactando a sus crías durante 1 h y, posteriormente, todas salían a pastorear a los mismos potreros manejados con cerco eléctrica para la rotación de praderas, en las cuales predominaba el *Paspalum fasciculatum*.

Durante los 10 d de la fase experimental, se pesó la producción de leche de manera individual. En el día ocho se tomaron muestras de leche para la evaluación sensorial, y en el día nueve para los análisis fisicoquímicos.

Para la evaluación sensorial, se tomó una muestra compuesta de 3.5 L del total ordeñado de cada tratamiento, las muestras se filtraron con tela de algodón y se guardaron en frascos de vidrio de 3.5 L de capacidad. Posterior a esto, los frascos se colocaron en un termo con hielo y agua a 4°C y se mantuvieron durante tres horas, mientras se transportaban al laboratorio de Evaluación Sensorial de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Para el análisis fisicoquímico, se tomó una alícuota de 50 mL de leche de la cantidad total ordeñada por búfala. Los tubos se colocaron en un termo con hielo y agua a 4°C y se transportaron al laboratorio de Producción Animal y Vegetal de la Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Pecuaria de la Universidad Veracruzana.

### Análisis fisicoquímicos

Se determinó la densidad, pH, punto de congelación, sólidos no grasos, grasa, proteína, y lactosa en un analizador de leche ultrasónico, modelo Lactoscan MCC con pantalla LCD de 4 líneas x 16 caracteres, de la empresa Milkotronic, ubicada en Nova Zagora Bulgaria. Se colocó una alícuota de 50 mL de cada muestra en el Lactoscan siguiendo los procedimientos especificados por el fabricante.

### Evaluación sensorial

Previo a la evaluación sensorial, la leche se pasteurizó mediante un proceso lento, llevando la leche a una temperatura de 65°C durante 30 minutos, después de este tiempo la leche se enfrió con agua helada hasta alcanzar la temperatura de 5°C.

La evaluación sensorial se realizó en un laboratorio con cabinas individuales provistas de luz incandescente y temperatura controlada ( $25 \pm 2$  °C). Las muestras fueron presentadas a los jueces aleatoriamente en vasos de vidrio codificados con números aleatorios de tres dígitos. Esta evaluación se llevó a cabo mediante dos pruebas realizadas en diferentes sesiones. La primera evaluación consistió en una prueba discriminativa tipo triangular con la participación de 20 jueces semi-entrenados (60% mujeres y 40% hombres) con un rango de edad de 18 a 45 años. La prueba se realizó utilizando los procedimientos descritos en la norma 4120:2004 del sistema ISO (ISO, 2019). Esta prueba permite determinar si existe diferencia sensorialmente perceptible entre dos muestras, comparando tres muestras a la vez, dos de las cuales son iguales y una diferente. Esta es una comparación direccionada, prueba binomial de una cola, en donde la probabilidad de acierto al azar es de 1/3 y para el análisis de datos se hace uso de la Chi-Cuadrada mediante la Ecuación 1. El resultado obtenido se contrasta contra tablas estadísticas de 5, 1, 0.1 % de nivel de significancia.

$$(CHI)^2 = \frac{((x_1 - np) - 0.5)^2}{(np)(1 - p)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde,  $x_1$  es el número de aciertos,  $n$  es el número de réplicas y  $p$  la probabilidad de aciertos al azar (1/3).

La segunda evaluación consistió en un análisis descriptivo cuantitativo (ADQ) para evaluar la intensidad de los atributos sensoriales (aparición, olor, sabor y textura) en las muestras de cada tratamiento. La evaluación la realizaron 5 jueces

previamente seleccionados y entrenados para identificar y cuantificar los descriptores en la leche. Los descriptores evaluados fueron los propuestos por Citalán *et al.* (2016).

Para la prueba descriptiva se sirvieron muestras de 40 mL en vasos de vidrio codificados con números aleatorios de tres dígitos. Los jueces se instruyeron para evaluar en orden los atributos y colocar una marca, correspondiente a la intensidad de cada descriptor, sobre una escala lineal no estructurada de 10 cm, anclada con los términos “pobre” y “óptimo” o “nulo” e “intenso”, ubicados a cada extremo. La cuantificación de las respuestas se realizó midiendo la distancia, en centímetros, desde el extremo izquierdo hasta la marca señalada por el panelista. Todas las muestras se mantuvieron a temperatura de 12 °C para la evaluación. Entre una muestra y otra, los jueces tomaron sorbos de agua natural y masticaron galletas sin sal para eliminar los efectos de la muestra anterior.

### Análisis Estadístico

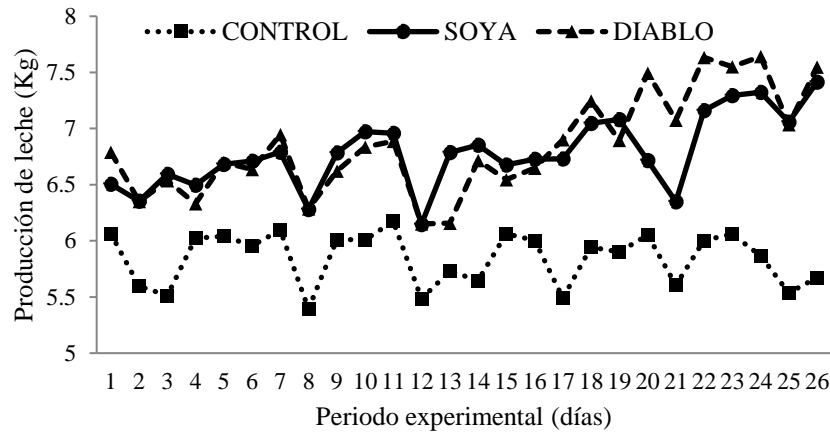
Las características fisicoquímicas, la producción de leche y los resultados de la prueba descriptiva se analizaron mediante análisis de varianza, para un diseño completamente al azar, con el procedimiento PROC GLM de SAS. Asimismo, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey para identificar las diferencias observadas. Todos los análisis se realizaron con un nivel de significancia de 0.05 en el programa estadístico SAS Ver. 9.4 (SAS Institute, 2013).

Los resultados de la prueba discriminativa se analizaron contabilizando el número de aciertos y comparándolos con el número mínimo requerido para establecer diferencia significativa entre las muestras en una prueba triangular (Roessler *et al.*, 1978), a un nivel de significancia de 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producción de leche y características fisicoquímicas

La suplementación aumentó la cantidad de leche producida respecto a la obtenida de las búfalas en pastoreo ( $p < 0.001$ ). Sin embargo, la fuente protéica utilizada en los suplementos no afectó la producción de leche, es decir, no se observó diferencia significativa en la cantidad obtenida de por las búfalas con SS y SP ( $p > 0.001$ ) (Figura 1).



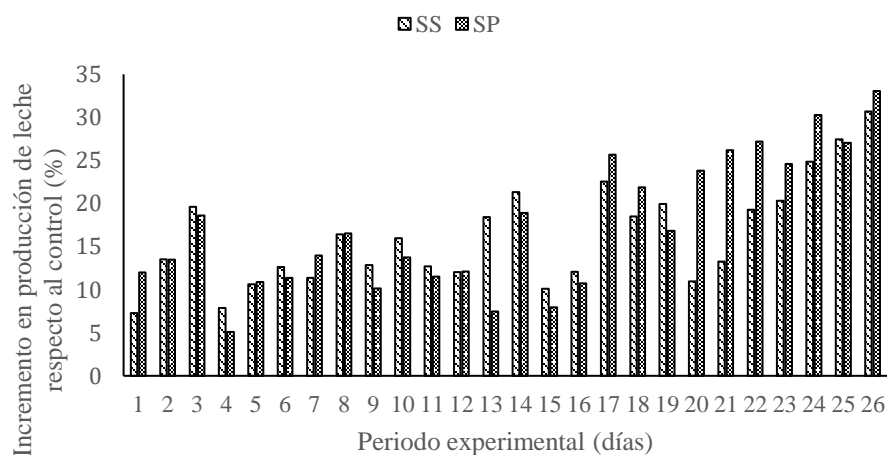
**Figura 1.** Producción de leche de búfalas en pastoreo (control) y suplementadas con un alimento que contenía pasta de soja (SS) o ensilado de pez diablo (SP) como fuente proteica.

El incremento en la producción de leche, de las búfalas correspondientes a los tratamientos SS y SP, respecto al control, fue de 30.7 y de 33% respectivamente, al finalizar el periodo experimental (Figura 2). Estos resultados corresponden con lo observado por Faruque y Hossain (2007), quienes obtuvieron un incremento en la producción de leche en búfalas suplementadas con pasta de soja y paja de arroz, respecto a los animales en pastoreo.

La producción de leche en el periodo experimental estuvo por abajo del nivel de producción para el cual se elaboraron los suplementos (10 kg d<sup>-1</sup> y 6 % de grasa). Hurtado (2005) y Fundora (2015), indican que en la raza Bufalipso tienen un potencial productivo de

5 kg animal<sup>-1</sup> d. Sin embargo, en las condiciones del experimento, el potencial productivo de las búfalas solamente podría determinarse mediante el seguimiento de la producción durante todo el periodo de lactación.

El aumento en la producción de leche, por efecto de la suplementación, coincide con el comportamiento observado por Narang *et al.*, (2012), Mir *et al.* (2015) y Bustamante *et al.* (2017). Se ha reportado que la suplementación proteica aumenta la ingesta de energía, lo que permite revertir cualquier balance energético negativo, y las búfalas destinan la energía excedente a producir más leche (Shekhar *et al.*, 2010; Narang *et al.*, 2012; Ojha *et al.*, 2017).



**Figura 2.** Incremento en la producción de leche (%) de búfalas suplementadas con un alimento que contenía pasta de soja (SS) o ensilado de pez diablo (SP) como fuente proteica, respecto a las búfalas en pastoreo (control).

**Tabla 2. Producción y composición fisicoquímica de la leche de búfalas en pastoreo (control) y suplementadas con un alimento que contenía pasta de soya (SS) o ensilado de pez diablo (SP) como fuente proteica.**

Características	Control	SS	SP	EE
Producción de leche (kg)	5.84 <sup>a</sup>	7.11b <sup>b</sup>	7.32 <sup>b</sup>	(± 0.19)
Densidad (g/mL)	1.039	1.038	1.039	(± 0.58)
pH	8.67	8.68	8.72	(± 0.025)
Punto de congelación (°C)	- 0.62	- 0.62	- 0.63	(± 0.004)
Sólidos no grasos (%)	10.61	10.44	10.62	(± 0.01)
Grasa (%)	6.40	6.99	6.92	(± 0.30)
Proteína (%)	4.84	4.66	4.85	(± 0.07)
Lactosa (%)	4.68	4.61	4.69	(± 0.043)

<sup>a, b</sup> Medias con diferentes literales en la misma hilera indican diferencia estadística ( $p < 0.05$ ). Valores dentro del paréntesis indican el error estándar ( $\pm$  EE).

Los valores en las variables fisicoquímicas no mostraron diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ( $p > 0.05$ ; Tabla 2). En su mayoría, son semejantes a valores reportados en otras investigaciones para búfalos de la misma raza (Hurtado, 2005; Fundora, 2015; García *et al.*, 2004), y de otras razas (Patiño y Guanziroli, 2005; Navarro *et al.*, 2011; Patiño, 2011). No obstante, los valores de pH, sólidos no grasos y proteína, son ligeramente mayores a los reportados en otros estudios (Santillo *et al.*, 2016; Mayilathal *et al.*, 2017; Naveed-ul-Haque *et al.*, 2018), ésto podría ser resultado de diferencias en la alimentación, la raza, la etapa de lactancia o a las condiciones ambientales que podrían variar entre las investigaciones. Asimismo, si se observó una tendencia a un incremento de la concentración de grasa en los tratamientos con suplementación.

### Atributos sensoriales

Los resultados de la prueba triangular mostraron que no hubo diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre las muestras de leche de los tratamientos control y SP, ni entre el control y SS. Sin embargo, si se encontró diferencia entre las muestras de los tratamientos SS y SP, al alcanzar el número de aciertos mínimo necesarios para establecer diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las muestras en una prueba triangular (Tabla 3).

Los resultados de la prueba descriptiva mostraron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, en los descriptores de apariencia, sabor a leche fresca, sabor extraño, sabor a crema de leche, sabor dulce, consistencia, consistencia espesa, consistencia acuosa (Tabla 4). El resto de los descriptores evaluados en las muestras de leche de los diferentes tratamientos no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ; Figura 3).

**Tabla 3. Número de aciertos en la prueba triangular aplicada a muestras de leche de búfalas en pastoreo (control) y suplementadas con un alimento que contenía pasta de soya (SS) o ensilado de pez diablo (SP) como fuente proteica.**

Prueba	Muestras evaluadas	Número mínimo de aciertos para ( $p < 0.05$ )	Aciertos	Valor $p^*$
1	Control vs. SP	11	7/20	$> 0.05$
2	Control vs. SS	11	9/20	$> 0.05$
3	SS vs. SP	11	11/20	$< 0.05$

\*( $p < 0.05$ ) de acuerdo a Roessler *et al.* (1978).

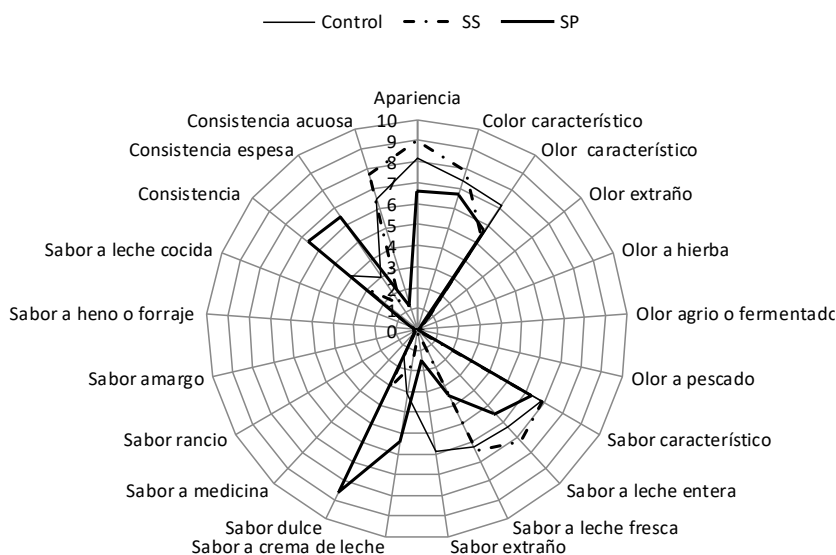
En el descriptor apariencia, los jueces detectaron que la muestra de leche de las búfalas suplementadas con SP mostró menor valor que la leche del control y la suplementada con SS, McCarthy *et al.* (2017) atribuye a que el contenido de grasa influye en la apariencia, textura y sabor de la leche. A pesar de no encontrar diferencias estadísticas en los valores de grasa, se observó una tendencia a un incremento de grasa en los tratamientos suplementados. Esto puede relacionarse con lo detectado por los jueces, ya que las pruebas instrumentales no pueden valerse por sí solas y van de la mano de las pruebas sensoriales, y es, en última instancia, el sentido humano el más sensible y capaz de captar sensaciones complejas mucho más eficaz que cualquier tecnología desarrollada (Schiano *et al.*, 2017).

Martin *et al.* (2005), menciona que los productos lácteos producidos a partir de pastos tienen una intensidad más alta de color amarillo característico de la grasa en leche. Sin embargo, la leche de búfala no contiene  $\beta$ -caroteno, por lo que su leche es de color más blanco, con un sabor y consistencia más cremosa que la de otras especies. Por lo tanto, estos valores corresponden a lo percibido por los jueces.

**Tabla 4. Descriptores sensoriales con diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en muestras de leche de búfalas en pastoreo (control) y suplementadas con un alimento que contenía pasta de soja (SS) o ensilado de pez diablo (SP) como fuente proteica.**

Tratamiento	Apariencia	Sabor				Consistencia		
	Apariencia	A Leche Fresca	Extraño	Crema	Dulce	Consistencia	Espesa	Acuosa
Control	8.18 <sup>ab</sup>	6.22 <sup>b</sup>	5.88 <sup>b</sup>	3.10 <sup>a</sup>	1.40 <sup>a</sup>	4.04 <sup>a</sup>	3.04 <sup>a</sup>	6.48 <sup>b</sup>
SS	9.00 <sup>b</sup>	6.44 <sup>b</sup>	0.18 <sup>a</sup>	1.70 <sup>a</sup>	3.08 <sup>a</sup>	3.10 <sup>a</sup>	1.42 <sup>a</sup>	7.76 <sup>b</sup>
SP	6.60 <sup>a</sup>	3.52 <sup>a</sup>	1.52 <sup>a</sup>	5.42 <sup>b</sup>	8.62 <sup>b</sup>	6.66 <sup>b</sup>	6.46 <sup>b</sup>	1.18 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Medias con diferentes literales en la misma columna indican diferencia estadística ( $p < 0.05$ ).



**Figura 3.** Perfil sensorial de la leche de búfalas en pastoreo (control) y suplementadas con un alimento que contenía pasta de soja (SS) o ensilado de pez diablo (SP) como fuente proteica.

En el descriptor sabor, la leche de las búfalas suplementadas con SP mostró menor intensidad que la del grupo control y la suplementada con SS en el atributo “sabor a leche fresca”. En el atributo “sabor extraño” los jueces percibieron que la leche de las búfalas suplementadas con SP y SS presentaron menor intensidad que la leche de búfalas en solo pastoreo. Esto significa que la suplementación con SS y SP no confiere ningún sabor extraño al sabor característico de la leche. Estudios han demostrado que el sabor de la leche está fuertemente influenciado por el tipo de alimentación del ganado, el contenido de grasa y la cantidad favorable de compuestos volátiles (Francis *et al.*, 2005; Bloksma *et al.*, 2008). Por lo tanto, se puede relacionar con lo detectado por los jueces en el descriptor “sabor a crema de leche”, donde identifican una mayor intensidad para la leche del tratamiento SP. La cremosidad es un atributo deseable para los

consumidores de productos lácteos y está estrechamente relacionado con el contenido de grasa e influye en las características de textura y viscosidad más alta, así mismo se relaciona positivamente con el gusto del producto (Richardson-Harman *et al.*, 2000).

En el descriptor sabor dulce la leche de búfalas suplementadas con SP mostró mayor intensidad, que la del tratamiento control y la suplementada con SS. Francis *et al.* (2005) indican que una leche de calidad debe tener un sabor característico dulce y no tener olores ni sabores residuales, y atribuye a que la grasa y sus compuestos derivados aumentan la percepción de dulzor de la leche fresca. Cabe indicar que una mayor intensidad de sabor dulce, fue observado previamente por Castillo-Mercado (2018) en leche de vacas suplementadas con ensilado de *Pterygoplichthys* sp., lo cual sugiere la importancia de determinar cambios en



los componentes de la leche, influenciados por la alimentación con suplemento a base de ensilado de pez diablo, que pudieran dar origen a dicho sabor, tanto en la leche de búfala como en la leche de vaca.

La consistencia de la leche de búfalas con SP fue más intensa en consistencia espesa y una correspondencia en menor intensidad en el descriptor de consistencia acuosa, en comparación con la leche del tratamiento control y las suplementadas con SS. De manera que, se puede atribuir que la mayor consistencia espesa en la leche suplementada con SP, se relaciona directamente con la grasa, ya que diversos estudios confirman que hay una estrecha relación entre la grasa y la viscosidad de la leche, entre más grasa, la leche es más espesa y más intensa en cuanto a sabor, color y cremosidad. Por el contrario, la leche con menos grasa es descrita como menos viscosa y menos dulce (Francis *et al.*, 2005).

Cabe resaltar que, no se detectaron diferencias en los descriptores de la leche con suplementación por la presencia de características desagradables como: sabor a pescado, sabor amargo, sabor rancio, sabor a medicina, olor extraño, olor a pescado, olor agrio o fermentado en las muestras. Esto indica que la suplementación a base del ensilado de pez diablo como fuente de proteína, no indujo efectos negativos o características sensoriales indeseables en las muestras de leche de búfala.

## CONCLUSIONES

La suplementación con ensilado de pez diablo incrementó en un 25% la producción de leche de búfalas en pastoreo, sin modificar la composición fisicoquímica de la leche. En la prueba triangular, los jueces no distinguen diferencia entre la leche de búfalas suplementadas y no suplementadas, sin embargo, sí distinguen diferencias favorables en los atributos sensoriales entre la leche de las búfalas que recibieron los dos diferentes suplementos y asignan un valor mayor a la que proviene de suplementación con ensilado de pez diablo. La inclusión de ensilado de pez diablo en un suplemento no confiere olores o sabores extraños detectables, por el contrario, intensifica los atributos de sabor dulce, sabor a crema de leche y consistencia espesa, que influye en la apariencia.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al ingeniero Armando Morales Lagunes por el apoyo brindado para la realización de esta investigación. Asimismo, se agradece a los jueces sensoriales su participación.

**Financiamiento.** La investigación fue financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y por el Colegio de Posgraduados Campus Veracruz, a través de la beca para estudios de

Maestría en Ciencias otorgada al estudiante Abimael García Hernández, y a través del uso de instalaciones, materiales y equipos, respectivamente. Las instituciones financiadoras no determinaron de forma alguna el tipo de diseño, los métodos de recogida de datos, la población de estudio, la muestra de individuos participantes, las variables y la forma de medirlas, la interpretación de los resultados ni la decisión de la publicación o no de las conclusiones.

**Conflicto de intereses.** No existe conflicto de interés entre autores, revisores y editores, ya sea por compromisos o relaciones personales, por relaciones profesionales o por vínculos de cualquier otro tipo. Y no existe conflicto de interés de los autores con algún tipo de industria o entidad productiva pública o privada.

**Cumplimiento de Estándares de comportamiento ético.** La investigación se realizó con la aprobación y bajo los lineamientos establecidos por el Comité de Ética del Colegio de Posgraduados. Se cumplió en todo momento con el buen manejo de los animales, de acuerdo con la legislación y normas aplicables a la utilización de animales para experimentación. Las pruebas sensoriales se realizaron con la aprobación y bajo los lineamientos establecidos por el Comité de Ética de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la UJAT. Los jueces sensoriales, tanto entrenados como consumidores, otorgaron su consentimiento informado para participar en la investigación.

**Disponibilidad de datos.** Los datos, resultado de la investigación, están disponibles bajo el resguardo del primer autor: M. C. Abimael García Hernández, correo electrónico: [garcia.abimael@colpos.mx](mailto:garcia.abimael@colpos.mx).

## REFERENCIAS

- Ahmad, S., Anjum, F. M., Huma, N., Sameen, A., Zahoor, T. 2013. Composition and physico-chemical characteristics of buffalo milk with particular emphasis on lipids, proteins, minerals, enzymes and vitamins. *The Journal of Animal and Plant Sciences*. 23: 62-74. <https://pdfs.semanticscholar.org/aeed/eab3cb61e93b96a0ce7316c120ddf53b4f4.pdf>
- Álvarez, J. R. L. 2013. Perspectivas de la crianza del búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) en la Amazonía Ecuatoriana. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*. 2(1):19-30.

- <http://revistas.proeditio.com/REVISTAMAZONICA/article/view/178/151>
- Araque, C.; Arrieta, G.; Sandoval, E. 2000. Effect evaluation of multinutritional blocks with and without implant on liveweight gain on steers. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*: 17: 335-341.
- Bloksma, J., Adriaansen-Tennekes, R., Huber, M., Van de Vijver, L., Baars, T., de Wit, J. 2008. Comparison of organic and conventional raw milk quality in the Netherlands. *Biological Agriculture and Horticulture*. 26:69-83. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01448765.2008.9755070?needAccess=true>
- Bustamante, C., Campos, R., Sánchez, H. 2017. Production and composition of buffalo milk supplemented with agro industrial byproducts of the african palm. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 70(1):8085-8090. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v70n1/v70n1a06.pdf>
- Castillo, M. R. A. 2018. Calidad de leche de vacas suplementadas con ensilado de pez diablo como fuente de proteína. *Colegio de Postgraduados Campus Tabasco*.
- Citalán, C. L. H., Ramos Juárez, J. A., Salinas Hernández, R., Bucio Galindo, A., Osorio Arce, M. M., Herrera Haro, J. G., Orantes Zebadua, M. A. 2016. Análisis sensorial de leche de vacas suplementadas con un alimento fermentado a base de pollinaza. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 3(8):181-191. <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v3n8/2007-901X-era-3-08-00181.pdf>
- Cobb, D. 2002. La Revolución Ganadera. En: Ocho Notas de Desarrollo. N° 76. North Ft. Meyers. FL USA.
- FAO (Organización de las Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. Búfalo de agua. Fecha de consulta: 25 de agosto de 2019. <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/productiondairy-animals/productiondairy-animalswater-buffaloes/es/>
- Faruque, M.O. y Hossain, M.I. (2007). The Effect of Feed Supplement on the Yield and Composition of Buffalo Milk *Italian Journal of Animal Science*. 6(2): 488-490. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.488>
- Francis, L. L., Chambers, D. H., Kong, S. H., Milliken, G. A., Jeon, I. J., Schmidt, K. A. 2005. Serving temperature effects on milk flavor, milk aftertaste, and volatile compound quantification in nonfat and whole milk. *Journal of food science*. 70(7): 413-418. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11485.x>
- Fundora, O. 2015. Comportamiento de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) de la raza Buffalypso en sistemas de alimentación basados en pastoreo: quince años de investigaciones en el Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 49(2):161-171. <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193039698005.pdf>
- Fundora, O., Quintana, F. O., González, M. E. 2004. Comportamiento y composición de la canal de búfalos de río alimentados con una mezcla de pasto estrella, pastos naturales y leguminosas nativas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 38(1):43-46. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017870007.pdf>
- García, L. R., Fundora, R., González, M.E., González, M. R. 2004. Efecto de la alimentación preparto en la búfala de río (*Bubalus bubalis*) en condiciones de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 38(4):373-376. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017793006.pdf>
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5a ed. Instituto de Geografía- Universidad Nacional Autónoma de México. 90p. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>
- Gutiérrez, O., Cairo, J., Ramírez, B., Dorta, N., Vasallo, G., Varela, M. 2014. Consumo voluntario y comportamiento productivo de hembras bufalinas con nueva pre mezcla mineral ajustada a sus requerimientos nutricionales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 48(2):109-112. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193031101003.pdf>
- Hernández-Herrera, G., Lara-Rodríguez, D. A., Vázquez-Luna, D., Ácar-Martínez, N., Fernández-Figueroa, J. A., Velásquez-Silvestre, M. G. 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>
- Hurtado-Lugo, N., Cerón-Muñoz, M. F., Lopera, M. I., Bernal, A., & Cifuentes, T. 2005. Determinación de parámetros físico-químicos de leche Bufalina en un sistema de producción orgánica. *Livestock Research for Rural Development*. 17: 1. <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd17/1/hurt17001.htm>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. *Hidalgotitlan. Cuadernillos Municipales*, 2015. *Sistema de Información Municipal*. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz (SEFIPLAN). Fecha de consulta: 25 de agosto de 2019. <http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2018/05/Hidalgotitl%C3%A1n.pdf>
- INTAGRI. 2018. *Nutrición Proteica y Energética en la Alimentación del Ganado*. Serie Ganadería, Núm. 09. *Artículos Técnicos de INTAGRI*. México. 3p.
- ISO 4120:2004 (International Organization for Standardization). *Sensory analysis Methodology. Triangle Test*. Fecha de consulta 25 de agosto de 2019. <https://www.iso.org/standard/33495.html>
- Martin, R. M., Gunnell, D., Pemberton, J., Watson, S., Frankel, S., Davey Smith, G. 2005. The Boyd Orr cohort: an historical cohort study based on the 65year follow-up of the Carnegie Survey of Diet and Health (1937–39). *International journal of epidemiology*. 34(4):755-757. <https://academic.oup.com/ije/article/34/4/755/693007>
- Mattos, C., Chauca, L., San Martín, H., Carcelén, C., Arbaiza, F. 2003. Uso del ensilado biológico de pescado en la alimentación de cuyes mejorados. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 14(2):89-96. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v14n2/a01v14n2.pdf>
- Mayilathal, K., Thirumathal K., Thamizhselvi N., and Yasotha D. 2017. A comparative study on the chemical parameters of milk samples collected from cow, buffalo and goat at dindigul district, tamilnadu, india. *International Journal of Recent Scientific Research*. 8(4):16612-16614.
- <http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2017.0804.0183>
- McCarthy, K. S., Lopetcharat, K., Drake, M. A. 2017. Milk fat threshold determination and the effect of milk fat content on consumer preference for fluid milk. *Journal of dairy science*. 100(3):1702-1711. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030217300127>
- Mir, N. A., Kumar, P., Rather, S. A., Sheikh, F. A., & Wani, S. A. (2015). Effect of supplementation of tinospora cordifolia on lactation parameters in early lactating murrah buffaloes. *International Buffalo Information Center*. 34(1): 17. <http://ibic.lib.ku.ac.th/e-bulletin/34-1.pdf#page=22>
- Narang, A., N. Dutta, A.K. Pattanaik, S.K. Singh and K. Sharma. 2012. Effect of prepartum strategic supplementation on the performance of buffaloes. In *Proceeding 8th Biennial ANA Conference*, Bikaner, India.
- Navarro, V. J. M., Quiñones, R. M. N., Cosío, E. C. 2011. Evaluación de parámetros de calidad de la leche bufalina al final de la lactancia en la Provincia de Cienfuegos. *Revista electrónica de Veterinaria*. 12(6):1-10. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63622160007.pdf>
- Naveed-ul-Haque, M., Akhtar, M.U., Munnawar, R., Anwar, S., Khalique, A., Tipu, M.A., Ahmad, F., and Shahid, M. Q. 2018. Effects of increasing dietary protein supplies on milk yield, milk composition, and nitrogen use efficiency in lactating buffalo. *Tropical Animal Health and Production*. 50: 1125–1130. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1539-1>
- NRC. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. seventh edition. National Academy Press, Washington, DC: National Academy of Sciences, National Research Council.
- Ojha, B. K., Dutta, N., Singh, S. K., Pattanaik, A. K., & Narang, A. 2017. Effect of pre and post-partum supplementation to buffaloes on body condition, lactation and reproductive performance. *International Buffalo Information Center*. 36(1): 63-74. <http://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/BufBu/article/view/697>
- Patiño, E. M. 2011. Producción y calidad de la leche bubalina. *Tecnología en marcha*. 24(5):25-

35.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835762>
- Patiño, E. M., y Guanziroli Stefani, M. C. 2005. Composición de leche de búfala (*Bubalus bubalis*) de raza Jafarabadi en Corrientes, Argentina. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 6(5):1-4.  
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63617216007.pdf>
- Paul, S. S., Mandal, A. B., Pathak, N. N. 2002. Feeding standards for lactating riverine buffaloes in tropical conditions. *Journal of Dairy Research*. 69(2):173-180.  
<https://doi.org/10.1017/S0022029902005423>
- Pérez, J. T., e Iglesias, J. L. 2016. Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. *Revista AquaTIC*. 25:28-33.  
<http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=206>
- Pinheiro, L. C. 2015. Pastoreo Racional Voisin: Tecnología Agroecológica para el Tercer Milenio. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 253p.
- Planas, T. y García, C.S. 2002. Manual para criadores de búfalos. La Habana, Cuba. Minagri. 80p.
- Qureshi, M., Habib, G., Samad, H., Siddiqui, M., Ahmad, N., & Syed, M. (2002). Reproduction-nutrition relationship in dairy buffaloes. I. Effect of intake of protein, energy and blood metabolites levels. *Asian-Australas. j. anim. sci*, 15, 330-339. doi: 10.5713/ajas.2002.330
- Ramos, J. A., Mendoza, G., Aranda, I. E. M., Garcia, C., Barcena, R., Alanis, J. (1998) Escape protein supplementation of growing steers grazing stargrass. *Animal Feed Science and Technology* 70: 249-256.
- Richardson-Harman, N. J., Stevens, R., Walker, S., Gamble, J., Miller, M., Wong, M., McPherson, A. 2000. Mapping consumer perceptions of creaminess and liking for liquid dairy products. *Food Quality and Preference*. 11(3):239-246.  
[https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(99\)00060-9](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(99)00060-9)
- Roessler, E. B., Pangborn, R. M., Sidel, J. L., Stone, H. 1978. Expanded statistical tables for estimating significance in paired—preference, paired—difference, duo—trio and triangle tests. *Journal of Food Science*. 43(3):940-943.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb02458.x>
- Rosales, R. 2009. El búfalo de agua en costa rica. Una alternativa para la producción de carne y leche. *ECAG informa*. 50:14-19.  
<http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Publicaciones/2009/el-bufalo-de-agua-en-costa-rica.pdf>
- Santana-Delgado, H., Avila, E., Sotelo, A. 2008. Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. *Animal Feed Science and Technology*. 141(1-2):129-140.  
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.023>
- Santillo, A., Caroprese, M., Marino, R., Sevi, A., Albenzio, M. 2016. Quality of buffalo milk as affected by dietary protein level and flaxseed supplementation. *Journal of dairy science*. 99(10):7725-7732.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11209>
- SAS Institute (2013) Base SAS® 9.4 Procedures Guide: Statistical Procedures. Second edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 550 p.
- Schiano, A. N., Harwood, W. S., y Drake, M. A. 2017. A 100-year review: Sensory analysis of milk. *Journal of dairy science*. 100(12): 9966-9986.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13031>
- Shekhar, C., Thakur, S. S., Shelke, S. K. 2010. Effect of exogenous fibrolytic enzymes supplementation on milk production and nutrient utilization in Murrah buffaloes. *Tropical animal health and production*. 42(7): 1465-1470.  
<https://doi.org/10.1007/s11250-010-9578-2>
- Shelke S.K. y Thakur S.S. 2011. Effect on the Quality of Milk and Milk Products in Murrah Buffaloes (*Bubalus bubalis*) Fed Rumen Protected Fat and Protein. *International Journal of Dairy Science*, 6: 124-133. DOI: 10.3923/ijds.2011.124.133
- Spanopoulos-Hernandez, M., Ponce-Palafox, J. T., Barba-Quintero, G., Ruelas-Inzunza, J. R., Tiznado-Contreras, M. R., Hernández-González, C., Shirai, K. 2010. Producción de ensilados biológicos a partir de desechos de pescado, del ahumado de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y del fileteado de tilapia (*Oreochromis* sp), para

la alimentación de especies acuícolas.  
Revista mexicana de ingeniería química.  
9(2):167-178.  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v9n2/v9n2a5.pdf>

Tait, R. M., Fisher, L. J. 1996. Variability in individual animal intake of minerals offered freechoice to grazing ruminants. *Animal Feed Science Technology* (62): 69- 76  
[https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)01007-3](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)01007-3)