



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA LECHE DE BÚFALA DE
AGUA EN UN PERIODO DE LACTANCIA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

MARIANA LIZETH HERRERA RODRÍGUEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARCOS PÉREZ SATO

CODIRECTOR DE TESIS

DR. MIGUEL ALEJANDRO CABRERA CRUZ

Tlatlauquitepec, Puebla, México, Diciembre 2024.



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA LECHE DE BÚFALA DE AGUA
EN UN PERIODO DE LACTANCIA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

MARIANA LIZETH HERRERA RODRÍGUEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARCOS PÉREZ SATO

CODIRECTOR DE TESIS

DR. MIGUEL ALEJANDRO CABRERA CRUZ

ASESORES

DR. EUTQUIO SONI GUILLERMO

DR. NUMA POMPILIO CASTRO GONZÁLEZ

Tlatlauquitepec, Puebla, México, Diciembre 2024.

La presente tesis titulada: **Caracterización fisicoquímica de la leche de Búfala de agua en un periodo de lactancia** y realizada por **Mariana Lizeth Herrera Rodríguez**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: Dr. Marcos Pérez Sato



Codirector: Dr. Miguel Alejandro Cabrera Cruz



Asesor: Dr. Eutiquio Soni Guillermo



Asesor: Dr. Numa Pompilio Castro González



Tlatlauquitepec, Puebla, México, Diciembre del 2024.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: Manejo, producción y Bienestar Animal y de la línea de investigación: Producción y Bienestar de Rumiantes y No Rumiantes Dicho trabajo, fue financiado por: Recursos propios.

Dedicatoria

A mis padres, Luis Manuel Herrera Hernández, María Julia Rodríguez Salgado por su guía y sabiduría, gracias por hacerme la persona que soy hoy, esto es por y para ustedes.

A mis hermanos, Luis Francisco Herrera Rodríguez, Manuel Alejandro Herrera Rodríguez, que me guían y acompañan siempre en las decisiones de mi vida y me brindan sus mejores consejos.

A mis mejores amigos de la vida Soledad del Carmen Martínez Ríos, Christian Becerra Juárez, Isabel Limón Salazar, Vicente Guerrero Ramos, y compañeros de clase, agradezco que siempre me han apoyado, aconsejado, querido y darme ánimos y consejos en todo este proceso.

A mi perrita llamada Kiara, que a lo largo de estos años ha estado en todos los momentos más importantes y felices de mi vida.

A mi artista favorito Harry Edward Styes e incluidos la banda de 1D, por acompañarme en mis noches de desvelo y amenizar mi vida, y a los demás artistas que escuché.

Agradecimientos

Agradezco a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, particularmente a la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, por darme la oportunidad de estudiar la Licenciatura en Ingeniería Agronómica y Zootecnia.

Al Dr. Marcos Pérez Sato, por la paciencia y consejos que me brindó a lo largo de este camino, estoy eternamente agradecida.

Agradezco a mi consejo particular, por las observaciones, consejos y oportunidades brindadas. Muchas gracias.

Muchas gracias a todo lector.

INDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general	2
2.2 Objetivos específicos	2
III. HIPÓTESIS	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1 Clasificación zoológica del búfalo	4
4.2 El búfalo: origen, género	4
4.3 Género Bubalus	4
4.4 Razas de interés y sus características	5
4.4.1 Raza mediterránea	5
4.4.2 Raza Buffalypso.....	5
4.5 Producción de leche de búfalo	6
4.6 El búfalo en México y América Latina	7
4.7 Características de la leche de búfala	8
4.8 Proteína	9
4.9 Grasa	10

4.10 Lactosa	12
V. MATERIALES Y MÉTODOS	14
5.1 Ubicación del experimento	14
5.2 Material	15
5.3 Diseño experimental.....	15
5.4 Variables (grasa, acidez, lactosa, proteína)	15
5.4.1 Extracción de grasa.....	15
5.4.2 Proceso de transesterificación	16
5.4.3 Extracción de los ésteres metílicos.....	16
5.4.4 Limpieza de la muestra.....	16
5.4.5 Filtración de la muestra	17
5.4.6 Preparación de diluciones	17
5.4.7 Condiciones cromatográficas	17
5.4.8 Condiciones del horno.....	18
5.4.9 Determinación de acidez volumétrica (Método Dornic).....	18
5.4.10 Determinación de proteína y lactosa (Milkotester Master Eco).....	18
5.5 Análisis estadístico.....	19
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
6.1 Grasa	20
6.2 Lactosa	20
6.3 Proteína	21
6.4 Sólidos no grasos	21
6.5 Sólidos totales.....	21
6.6 Acidez.....	22

6.7 Ácidos grasos libres	22
6.8 Ácido cítrico	22
6.9 Caseína.....	22
6.10 Urea	23
VII. CONCLUSIÓN	24
VIII. LITERATURA CITADA	25

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Producción mundial de leche por especies (millones de toneladas).....	6
Cuadro 2. Comparación de la composición química de leche bubalina, bovina y Cebuina	8
Cuadro 3. Comparación nutricional de la leche de búfalo (g.kg ⁻¹)	9
Cuadro 4. Composición de los aminoácidos esenciales en la leche de búfala	10
Cuadro 5. Comparación de componentes presentes en la leche de búfala	11
Cuadro 6. Perfil de ácidos grasos (g/100 g) presentes en la leche de búfala y vaca	12
Cuadro 7. Comparación de niveles de lactosa en la leche de diferentes especies.....	13
Cuadro 8. Número de animales por periodo de muestra	15
Cuadro 9. Características fisicoquímicas de la leche de búfala durante el periodo de lactancia	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Raza Mediterránea	5
Figura 2. Raza Buffalypso	6
Figura 3. Localización del municipio Hidalgotitlán, Veracruz	14

RESUMEN

El búfalo de agua se caracteriza por ser una opción más para la ganadería nacional, ya que es crucial por su contribución a la economía rural, su leche es rica en grasas y proteínas, esto favorece a la producción de productos lácteos, además de que la especie posee una alta resistencia a enfermedades y se adaptan mejor a climas cálidos y húmedos que otras, lo que los hace valiosos en la agricultura, respecto a las características fisicoquímicas de la leche, su composición influye en la calidad nutricional y en el proceso de productos lácteos. Factores como el contenido de grasa, proteína, lactosa y ácidos grasos son fundamentales para determinar la calidad de la leche. El objetivo de esta investigación fue determinar los componentes fisicoquímicos presentes en la leche. La investigación se realizó en 2023 en Hidalgotitlán, Veracruz, se tomaron muestras de leche de la raza Mediterránea y Buffalypso al inicio, etapa intermedia y final de la lactancia. La leche se recolectó mediante ordeña manual en frascos estériles de 50 mL. Para el análisis fisicoquímico se utilizó el equipo MilkoScanTM_{FT2}. Los datos se examinaron por medio de una investigación descriptiva, los resultados mostraron que la proteína (4.55 %), caseína (3.67 %), grasa (4.26 %) y lactosa (5.72 %) coinciden con el promedio obtenido por algunos autores, manteniendo una constancia durante el periodo de lactancia, garantizando la calidad y seguridad alimentaria.

Palabras clave: *Bubalus Bubalis*, proteína, grasa, caseína, calidad de la leche.

ABSTRACT

The water buffalo is characterized for being another option for the national livestock, since it is crucial for its contribution to the rural economy, its milk is rich in fats and proteins, this favors the production of dairy products, in addition to the fact that the species has a high resistance to diseases and is better adapted to hot and humid climates than others, which makes them valuable in agriculture, regarding the physicochemical characteristics of the milk, its composition influences the nutritional quality and the processing of dairy products. Factors such as fat, protein, lactose and fatty acid content are fundamental in determining the quality of milk. The objective of this research was to determine the physicochemical components present in milk. The research was carried out in 2023 in Hidalgotitlán, Veracruz. Milk samples were taken from the Mediterranean and Buffalypso breeds at the beginning, intermediate and end of lactation. Milk was collected by hand milking in sterile 50 mL bottles. MilkoScan TM FT2 equipment was used for physicochemical analysis. The data were examined by means of a descriptive investigation, the results showed that protein (4.55 %), casein (3.67 %), fat (4.26 %) and lactose (5.72 %) coincide with the average obtained by some authors, maintaining a constancy during the lactation period, guaranteeing quality and food safety.

Key words: *Bubalis Bubalus*, protein, fat, casein, milk quality.

I. INTRODUCCIÓN

El búfalo de agua fue introducido en México en 1990 desde Belice, como una alternativa para la ganadería (Romero y Pérez, 2014). Actualmente existen más de 58,000 búfalos en 29 entidades del país, con mayor crecimiento en el sureste (Campeche, Chiapas, Tabasco, Oaxaca y Veracruz) y expansión reciente en otros estados como Nayarit, Jalisco y Aguascalientes. En términos de producción de leche, el búfalo ocupa el segundo lugar, después de la vaca. Las búfalas producen entre 1,500 y 4,500 litros de leche por lactación y tienen una vida productiva más larga que el ganado vacuno, aunque hay limitantes para la producción comercial, como estacional (FAO, 2007).

La leche de búfala destaca por su elevado contenido de sólidos totales, que la convierte en una excelente fuente de nutrientes como lípidos, proteínas, lactosa, minerales y compuestos bioactivos. Gracias a sus propiedades nutricionales, funcionales y tecnológicas, esta leche tiene un gran potencial para la elaboración de productos lácteos derivados de alta calidad. Estas cualidades la hacen competitiva en el mercado, posicionándola como una alternativa valiosa frente a otras leches en la industria alimentaria (Rodríguez, 2017).

La leche de búfala tiene un alto valor nutricional, y ofrece un excelente rendimiento en la producción de queso y yogurt, superado a la leche de vaca en este aspecto clave.

La leche bovina o de cualquier otra especie, sus características físico químicas se van perdiendo con el paso de la lactancia, por otro lado, las características fisicoquímicas de la leche de búfala permanecen constante durante el periodo de lactancia.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características físico químicas de la leche de búfala durante un periodo de lactancia, así como también determinar la variabilidad de los nutrientes presentes en la leche, para ver si es una buena alternativa para consumo humano o para productos de derivado lácteo.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar los componentes físico químicos presentes en la leche de Búfala de agua en un periodo de lactancia.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar las características físico químicas de la leche de búfala en la región de Hidalgotitlán, Veracruz en un periodo de lactancia.
- Determinar la variabilidad de los nutrientes presentes en la leche de búfala en un periodo de lactancia.

III. HIPÓTESIS

Las características físico químicas de la leche de búfala se mantendrán constante durante el periodo de lactancia.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Clasificación zoológica del búfalo

Almaguer (2007) menciona la siguiente zoología del búfalo

Suborden: Artiodactyla

Familia: Rumiantes

Subfamilia: Bubalinae

Subfamilia: Bubalus bubalis limneticus

Subespecie: Bubalus bubalis fluviatilis

4.2 El búfalo: origen, género

Los búfalos se originaron en el norte de India, sur de China y Pakistán. Las primeras civilizaciones en domesticar esta especie, vivían en las orillas de los ríos Éufrates, Tigris, Indus y Yantze. El búfalo descende del *Bubalus paleindicus*, del Plioceno, y del búfalo salvaje, *Bubalus arnee*. Se estima que fue domesticado en India y el Medio Oriente hace 6.000 años a.C. (Zava, 2021).

4.3 Género Bubalus

En la India existen dos especies de búfalo: el *Bubalus arnee* (búfalo salvaje) y el *Bubalus bubalis* que incluye el búfalo de río y de pantano, con cariotipos (cromosomas) de $2n$ (células diploides) =50 y $2n=48$ respectivamente (Zava, 2021).

4.4 Razas de interés y sus características

4.4.1 Raza mediterránea

Esta raza, originaria de Italia en Europa, tiene cara alargada y angosta, cabeza convexa y cuernos en forma de media luna, orientados hacia atrás con las puntas hacia arriba (Moioli y Borguese, 2005).

La producción de leche dura 270 días, con un rendimiento de 900 a 4000 litros, y aproximadamente el 8 % de grasa (Moioli y Borguese, 2005). Los machos pueden pesar hasta 800 kg y las hembras alrededor de 600 kg (Figura 1) (Borghese y Mazzi, 2005).



Figura 1. Raza Mediterránea

Fuente: Ramlachan (2023).

4.4.2 Raza Buffalypso

Estos animales, llamados Buffalypso, (de buffalo y el baile calypso de Trinidad- Tobago), son híbridos seleccionados para la producción de leche y carne (Almaguer, 2007).

Esta raza produce hasta 1,372 Kg de leche en lactancias de 305 días, con el primer parto a los 37.69 ± 1.69 meses, un peso de 320-570 Kg y un intervalo de 415 ± 30.04 días, su color puede ser amarillo, rojizo y negro; los machos pesan entre 600-700 kg y las hembras entre 450 -500 kg (Figura 2) (Almaguer, 2007).



Figura 2. Raza Buffalypso

Fuente: Zafra (2019).

4.5 Producción de leche de búfalo

En 2008, la producción mundial de leche fue de 693.7 millones de toneladas, de las cuales el 12.8 % provino de búfala (Bustamante, 2011).

En los últimos treinta años, la producción de leche de búfala creció un 248.4 %, superando ampliamente el crecimiento de la leche de vaca (40.5), cabra (105.4 %) y oveja del (40.0 %). Actualmente la leche de búfala es la segunda en volumen de producción mundial, después de la leche de vaca y antes que la caprina y ovina (Cuadro 1) (Bustamante, 2011).

Cuadro 1. Producción mundial de leche por especies (millones de toneladas).

Animal	Año 1978	Año 1988	Año 1998	Año 2005	Año 2008	Crecimiento en el periodo (%)
Bovino	411,6	470,4	474,8	529,8	578,4	40,5
Bubalino	25,6	40,3	62,2	77	89,2	248,4
Caprino	7,4	8,8	12,4	12,4	15,2	105,4
Ovino	6,5	7,7	8,1	8,5	9,1	40,0
otros	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	45,4
total	452,5	528,7	559,1	629,2	693,7	53,3

Fuente: Bustamante (2011).

De las 34 razas de búfalo lechero, las más productivas son la Nili-Ravi, Kundi, egipcia, Murrah, Tarai, Lime, Azeri, Jafarabadi, Surti y Mediterránea. La raza Murrah se destaca por su alta producción de leche (2,225 kg) por lactancia, seguida de la Jafarabadi (1,800-2,700 kg), Nili-Ravi (2,000 kg) y Kundi (2,000 kg). La raza Jafarabadi tiene el mayor contenido de grasa en leche (8.5 %), seguida de la Mediterránea (8.0 %) (Patiño, 2011).

4.6 El búfalo en México y América Latina

El continente americano posee menos del 1 % del inventario mundial de búfalos (FAO, 2024). Brasil lidera América Latina con 1,222,685 ejemplares; el búfalo fue introducido en Brasil entre 1940 y 1960, adaptándose bien a las condiciones climáticas. A partir de 1970, los criadores brasileños comenzaron el manejo de cuatro razas: Carabao, Jafarabadi, Murrah y Mediterránea, donde la raza Jafarabadi fue destinada principalmente en los sistemas de producción láctea (Plana, 2005).

Por otro lado, Colombia tiene 170,000 búfalos, destacándose las razas Murrah, Mediterránea y mestizas. Un análisis de marcadores moleculares realizado a los Buffalypsos en el país, concluyó que su estructura genética les permite diferenciarlos de otras razas (Patiño, 2004).

Argentina tiene un registro de 100,000 búfalos, principalmente de las razas Murrah, mediterránea y Jafarabadi, provenientes de Brasil. Debido a esto, ocupa el cuarto lugar en número de cabezas en América, principalmente en la región subtropical húmeda (Patiño *et al.*, 2011).

Recientemente hay 40,000 ejemplares distribuidos en 13 estados del país (SAGARPA, 2017). Aunque originalmente estuvo orientado para zonas tropicales, el búfalo de agua ha demostrado una notable capacidad de adaptación también se ha adaptado pudiendo prosperar a altitudes superiores a 2,200 msnm y climas templados semisecos. En climas tropicales, se utiliza para diversificar la ganadería y aprovechar áreas inaccesibles para el ganado convencional (Almaguer, 2007).

4.7 Características de la leche de búfala

La leche de búfala altamente nutritiva, es ideal para elaborar subproductos como quesos, manteca, leche en polvo, helados y dulce de leche. En comparación con la leche de vaca, ofrece mayor rendimiento debido a sus altos porcentajes de sólidos totales (+5,13), grasa (+3,16), proteína (+0,89) y lactosa (+0,08) (Bustamante, 2011).

El alto rendimiento esta se debe a su elevada concentración de minerales esenciales para su resistencia térmica y su propiedad coagulante. La cantidad de minerales varía según la raza (Cuadro 2), fase de lactancia, clima, época del año y alimentación (Rodríguez *et al.*, 2001).

Cuadro 2. Comparación de la composición química de leche bubalina, bovina y cebuina.

Especie	Solidos totales %	Grasa %	Proteína %	Lactosa%	Minerales %
Búfalo (Bubalus bubalis)	17.96	7.64	4.36	4.83	1.0
Bovino (Bos taurus)	12.83	3.90	3.90	4.75	0,9
Cebú (Bos indicus)	13.45	4.97	4.97	4.59	-

Fuente: Shandu (1985), Pérez (2007).

La leche de búfala puede variar según a diversos factores, como se muestra en el cuadro 3 que presenta cifras de distintas investigaciones. Estos datos son útiles como herramienta para la selección de animales (Rodríguez *et al.*, 2001).

Cuadro 3. Comparación nutricional de la leche de búfalo (g.kg⁻¹).

Proteína	Grasa	Lactosa	Minerales	Solidos totales
49.2	78.2	51.8	-	190.3
40	74	47	8	174
45.2	65.3	55.1	-	165.3
47.5	68.6	46	-	170
42.5	65	-	8.2	166
46.5	66.5	51.1	-	172.3
50	71	46	9	177
47	76	48	10	-
34.6	70	52.1	8.4	-
38.5	72.2	44.9	8.3	163
36.6	76	45.2	8.4	169

Fuente: Cabrera (2022).

4.8 Proteína

La proteína es uno de los componentes más importantes en los derivados de la leche, y un alto consumo aporta beneficios nutricionales. La leche de búfala es especialmente rica en proteínas séricas y aminoácidos esenciales (Ahmad *et al.*, 2008).

En la leche de búfala aproximadamente el 80 % de la proteína es caseína y el 20 % restante son proteínas de suero, incluidas proteínas menores (Ahmad *et al.*, 2013). La caseína presente se encuentra mayormente en forma de micelas (estructura química) (Ganguli, 1979), lo que mejora la estabilidad y concentración de los subproductos que se encuentran almacenados bajo tratamientos térmicos (Ferrandini *et al.*, 2006).

Distintos análisis del perfil de aminoácidos en la leche de búfala, han revelado diferencias respecto a otras especies (Cuadro 4).

Cuadro 4. Composición de los aminoácidos esenciales en la leche de búfala.

Aminoácidos (g/g prot.)	Búfala	Vaca
Lisina	10,30	8,22
Triptófano	1,11	1,48
Treonina	5,66	3,97
Cistina	0,42	0,91
Valina	8,40	5,29
Metionina	3,52	3,02
isoleucina	7,36	4,50
leucina	12,61	8,84
Tirosina	4,71	4,44
Fenilalanina	6,22	4,25

Fuente: Verruma (1994).

4.9 Grasa

Los derivados de origen animal son un importante recurso energético, especialmente por sus ácidos grasos, vitaminas liposolubles y otros nutrientes beneficiosos. “La grasa láctea aporta el 48 % de la energía de la leche entera, con un 62 % grasa saturada, 30 % monoinsaturada, 4 % polinsaturada y 4 % a otros ácidos grasos” (Miller *et al.*,2007).

La leche de búfala tiene una alta concentración de grasa de buena calidad, lo que la convierte en una alternativa de bajo costo y nutricional a la de en comparación con la leche de vaca (Humma *et al.*,2013).

Así mismo, aporta cantidades considerables de colesterol, vitamina E, C y ácidos grasos importantes, como se muestra en el cuadro 5 (Guesnet y Alessandri, 2011).

Aunado a esto, se ha demostrado que la leche de búfala contiene menos colesterol en comparación con la de otras especies principalmente la de vaca. Además, se han evaluado y comparado los perfiles de ácidos grasos entre ambas leches (Cabrera, 2022).

Cuadro 5. Comparación de componentes presentes en la leche.

Componente	Búfala	Vaca
Grasa (%)	6-7	4.2-4.5
Viscosidad (cP)	2.04	1.86
Colesterol (mg.100g)	8	15
Vitamina E (mg.100g)	5.5	2.1
Vitamina C (mg.100g)	3,66	0,94

Fuente: Cepeda (2008), (Khan *et al.*, 2019)

La leche de búfala tiene mayores niveles de ácidos grasos de cadena larga, como el Palmítico y esteárico, lo que resulta en un mayor contenido de grasa saturada en comparación con la de vaca. La leche de búfala tiene mayor contenido de grasa monoinsaturada y polinsaturada que la leche de vaca. Sin embargo, la leche de vaca posee más ácido araquidónico y fue la única en la que se detectó ácido eicosatrinoico, como se muestra en el (Cuadro 6) (Ocampo *et al.*, 2016).

Cuadro 6. Perfil de ácidos grasos (g/100 g) presentes en la leche de búfala y vaca.

Ácido graso	Búfala			Vaca		
	Muestra 1	Muestra 2	promedio	Muestra 1	Muestra 2	promedio
C4:0 ac. Butírico	0,131	0,122	0,127±0,01	0,066	0,063	0,064±0,00
C6:0 ac. Caproico	0,064	0,056	0,060±0,01	0,041	0,039	0,040±0,00
C8:0 ac. Caprílico	0,032	0,026	0,028±0,00	0,025	0,024	0,025±0,00
C10:0 ac. Capríco	0,103	0,067	0,085±0,00	0,063	0,060	0,061±0,00
C12:0 ac. Laurico	0,104	0,087	0,095±0,01	0,075	0,082	0,078±0,00
C13:0 ac. Tridecanoico	0,006	0,006	0,006±0,00	0,003	0,003	0,003±0,01
C14:0 ac. Mirístico	0,639	0,579	0,609±0,04	0,329	0,348	0,338±0,01
C15:0 ac. Pentadecanoico	0,110	0,101	0,106±0,01	0,040	0,047	0,044±0,00
C16:0 ac. Palmítico	2,211	2,104	2,158±0,08	0,906	1,057	0,981±0,11
C17:0 ac. Heptadecanoico	0,096	0,092	0,094±0,00	0,025	0,031	0,028±0,00
C18:0 ac. Estearico	1,238	1,135	1,187±0,07	0,549	0,617	0,583±0,05
C20:0 ac. Araquidico	0,020	0,018	0,019±0,00	0,007	0,008	0,008±0,00
C22:0 ac. Behenico	0,009	0,009	0,009±0,00	0,003	0,003	0,003±0,00
C23:0 ac. Tricosanoico	0,008	0,008	0,008±0,00	ND	0,003	0,003
C24:0 ac. Lignocerico	0,009	0,009	0,009±0,00	ND	0,002	0,002
Total:	4,781	4,418	4600±0,26	2,131	2,384	2,257

Fuente: (Ocampo *et al.*, 2016).

ND= no detectado

4.10 Lactosa

La lactosa, principal carbohidrato presente en la leche de búfala, es un disacárido compuesto por glucosa y galactosa. Juega un papel clave en la síntesis de glucolípidos y glicoproteínas (Fernández *et al.*, 2015), además de ser crucial para la absorción de calcio (Moreno *et al.*, 2013).

La lactosa desempeña un rol fundamental en la síntesis de la leche debido a sus características osmóticas que permiten el paso de líquidos a través de las membranas y aportan humedad. Gracias a la estrecha relación entre humedad y lactosa, este componente se convierte variable de la leche (Hurley, 2009).

Se observa que la leche de búfalo de río tiene un nivel de lactosa ligeramente superior en comparación con otras especies (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de niveles de lactosa en la leche de diferentes especies.

Especie	Lactosa
Búfalo de río	4,83%
Búfalo de pantano	4,78%
Vaca Holstein	4,60%
Vaca nativa	4,59%

Fuente: UNIAGRARIA (2011).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del experimento

La investigación se realizó en 2023 en Hidalgotitlán, Veracruz, ubicado entre las coordenadas $17^{\circ} 19' - 17^{\circ} 51'$ de latitud norte y $94^{\circ} 26' - 94^{\circ} 51'$ longitud oeste (Figura 3), a una altitud de 10 a 300 msnm. El clima es cálido regular, con una temperatura promedio de 27°C y una precipitación anual de 2,900 mm (Webnode, 2012).

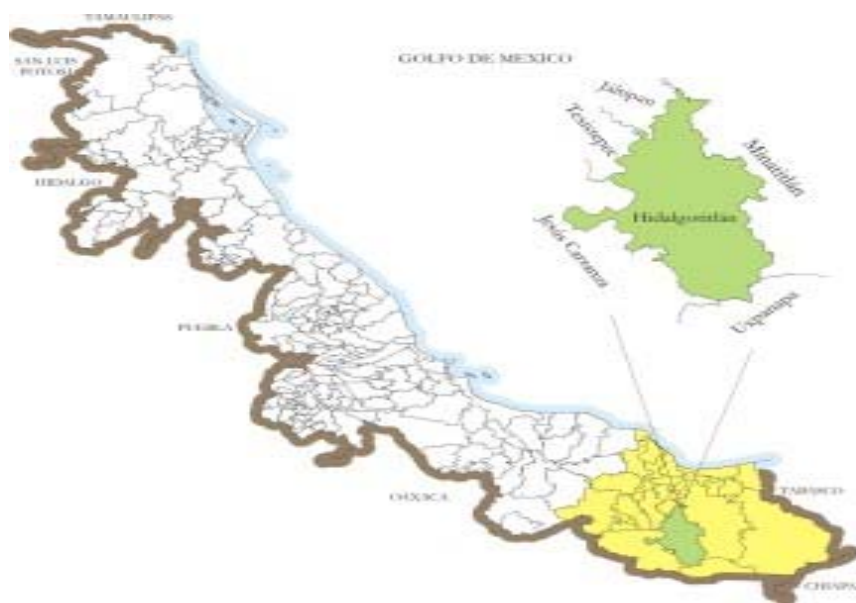


Figura 3. Localización del municipio Hidalgotitlán, Veracruz

Fuente: WordPress (2009).

Las muestras de leche fueron analizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal de Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados y en el Laboratorio de Análisis de Productos Lácteos del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma de Chapingo.

5.2 Material

Se obtuvieron muestras de leche de Búfalas de la raza Mediterránea y Buffalypso en tres momentos de la lactancia: inicio, etapa intermedia y final, con diferente cantidad de muestras en cada etapa (Cuadro 9). La leche se recolectó mediante ordeña manual en frascos copro estéril de 50 mL, los cuales fueron transportados en hieleras con refrigerantes para su conservación y posteriormente se almacenaron a 4 °C para mantener sus propiedades fisicoquímicas.

5.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos los cuales son los periodos en meses de la lactancia de la búfala, con diferente número de repeticiones (T1: 28), (T2:99), (T3:44).

Cuadro 8. Número de animales por periodo de muestra.

Tratamientos	N
T1 noviembre, diciembre, enero	R 28
T2 febrero, marzo, abril	R 99
T3 mayo, junio, julio	R 44

N.R: Número de repeticiones (búfalas)

5.4 Variables (grasa, acidez, lactosa, proteína)

Las muestras de leche fueron analizadas 24 h después de su recolección, usando el equipo MilkoScanTM FT2 según las especificaciones del proveedor. Se dejaron a temperatura ambiente durante 15 minutos, para descongelarlas y se diluyeron en baño maría a 30 °C por 10 minutos, verificando la temperatura con un termómetro de mercurio. El análisis se realizó directamente en volúmenes de 20 mL, con un tiempo de 1 minuto por muestra (Cabrera, 2022).

5.4.1 Extracción de grasa

Se usaron 20 mL de leche, que se centrifugaron en tubos Nalgen a 12000 rpm durante 30 min a 4 °C. La capa de grasa obtenida se recolectó en tubos Eppendorf de 1.5 mL y se centrifugó nuevamente a 13000 rpm por 20 minutos para separar la parte superior (Cabrera, 2022).

5.4.2 Proceso de transesterificación

Las muestras se colocaron en tubos de cultivo de 50 mL con tapa de baquelita, añadiéndose 2 mL de una solución de metóxido de sodio (0.5M), e integrándose con vortex. Luego, se incubaron en baño María durante 10 minutos, y se dejaron enfriar a temperatura ambiente (Cabrera, 2022).

5.4.3 Extracción de los ésteres metílicos

Se realizó una serie de pasos para obtener los compuestos de manera eficiente: Adición de Hexano y neutralización: se añadieron 3 mL de hexano a la solución para extraer los esteres metílicos, un disolvente no polar que facilita la separación de los compuestos orgánicos. Se incorporaron lentamente 5 mL de una solución de carbonato de potasio al 6 %, que actúa para neutralizar la reacción, eliminando cualquier ácido residual que pueda estar presente, posteriormente se agitó la mezcla utilizando un vortex para asegurar la distribución uniforme y promover la separación de las fases. La solución completa se transfirió a tubos de (polipropileno) PPE de 16.5 mL. Para finalizar los tubos se centrifugaron destapados durante 5 min a una velocidad de 35000 rpm (Cabrera, 2022).

5.4.4 Limpieza de la muestra

Separación de la fase orgánica: con una micropipeta se extrajo cuidadosamente la fase orgánica (la capa superior) asegurándose de no tomar parte de la fase acuosa o inferior, que contiene impurezas y otros subproductos no deseados. Absorción y secado: la fase orgánica fue colocada en tubos de polipropileno (PPE) junto con 0.5 g de sulfato de sodio y 0.1 g de carbón activado. El sulfato de sodio actúa como agente desecante, absorbiendo el agua residual, mientras que el carbón activado elimina impurezas y posibles compuestos colorantes o contaminantes. Agitación y centrifugación: la mezcla se agitó en un vortex para garantizar un contacto óptimo entre el sulfato, el carbón activado y la fase orgánica, favoreciendo la eliminación de impurezas. Luego se centrifugo a 25,000 rpm durante 5 minutos, permitiendo que las partículas de sulfato de sodio y carbón activado se sedimentan, dejando una fase orgánica purificada en la parte superior (Cabrera, 2022).

5.4.5 Filtración de la muestra

La muestra fue extraída con una micropipeta, prestando especial atención para no arrastrar el carbón activado presente en el tubo. Esto garantiza que solo se tome la fase orgánica purificada, libre de residuos sólidos. Filtración con Acrodisco: la muestra se colocó en una jeringa equipada con un acrodisco de 0.45 μm , utilizado para retener cualquier partícula residual. La filtración se realizó de manera lenta y controlada para maximizar la pureza de la muestra, ya que el acrodisco asegura la eliminación de cualquier contaminante o sólido restante. Recuperación y almacenamiento: la muestra filtrada se recogió en un tubo Eppendorf de 1.5 asegurando su almacenamiento adecuado. Finalmente, se mantuvo a una temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo cual es esencial para conservar la estabilidad de los esteres metílicos hasta su análisis o uso posterior (Cabrera, 2022).

5.4.6 Preparación de diluciones

Debido a la variabilidad en la cantidad de grasa obtenida inicialmente, no se utilizó una dilución estándar. En su lugar, se prepararon diluciones ajustadas 1:1 a 1:10, utilizando hexano como disolvente. Esto permitió ajustar la concentración de cada muestra para obtener un nivel adecuado de compuestos para análisis. Preparación para análisis cromatográfico: las muestras diluidas se colocaron en viales específicos para la inyección en el cromatógrafo, garantizando un manejo preciso y una integración adecuada en el equipo de análisis (Cabrera, 2022).

5.4.7 Condiciones cromatográficas

La inyección se realizó a una temperatura de $250\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que ayuda a vaporizar rápidamente los compuestos de interés, garantizando que ingresen de manera uniforme en la columna para una separación eficiente. Modo de inyección: se utilizó un modo de inyección con relación de división o Split de 10:1, lo cual significa que solo una décima parte de la muestra entra en la columna, mientras el resto se descarta. El detector se mantuvo a una temperatura de $260\text{ }^{\circ}\text{C}$, adecuada para detectar los esteres metílicos sin riesgo de condensación o pérdida de sensibilidad, lo cual es crucial para obtener señales claras y precisas de los compuestos analizados (Cabrera, 2022).

5.4.8 Condiciones del horno

La temperatura inicial: la columna se mantuvo a 140 °C por 2.95 min, primer incremento: la temperatura aumento a una tasa de 3°C/min hasta alcanzar los 210 °C, sin un tiempo de espera adicional, segundo incremento: posteriormente la temperatura se elevó a 235 °C a una tasa de 0.7 °C/min, sin tiempo de espera en este nivel, duración total: el tiempo total de corrida fue de 62 min (Cabrera, 2022).

5.4.9 Determinación de acidez volumétrica (Método Dornic)

Para determinar la acidez volumétrica, se utilizó una bureta dividida en 30 décimas de mL, un frasco Erlenmeyer de 100mL, una solución valorada de NaOH N/9, una solución alcohólica de fenolftaleína al 1% como indicador cromático, en un frasco gotero.

En un frasco Erlenmeyer se colocó una muestra de leche (10 mL) junto con 2-3 gotas de fenolftaleína, que actúa como indicador. Se tituló la leche con una solución de NaOH de normalidad N/9. La titulación se realizó gota a gota, con agitación después de cada adición hasta que el color se tornara rosado durante al menos 30 segundos. Por último, se registró el volumen de NaOH utilizado. Este volumen, expresado en mililitros, indica los grados Dornic, que representan la acidez de la leche en términos de ácido láctico. Calculo base: 1° Dornic = 1 dg de ácido láctico/ dl (decilitro) de leche (Ciucci *et al.*, 2023).

5.4.10 Determinación de proteína y lactosa (Milkotester Master Eco)

Se realizó mediante un sistema automático llamado Milkotester- Máster Eco, cuenta con un monitor y sistema de entrada: la muestra de leche se introduce a través de un tubo conectado al sistema, o que permite su análisis directo, impresora; los resultados de la medición, que incluyen los niveles de proteínas y lactosa en la muestra, se imprimen automáticamente para un registro inmediato. La velocidad de medición son 50 muestras por hora con limpieza incluida (Ciucci *et al.*, 2023).

5.5 Análisis estadístico

Para el análisis se utilizó un diseño completamente al azar y los datos obtenidos se analizaron mediante un paquete de SAS con un ($P \leq 0.05$).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Grasa

En el cuadro 9 se muestran las características fisicoquímicas de la leche de búfala, así mismo se puede observar que en la primera variable con respecto a la grasa, el T1 (4.26 %) fue diferente significativamente ($P < 0.05$) a los tratamientos T2 (3.67 %) y T3 (3.55 %) respectivamente, donde los valores de grasa se mostraron de forma decreciente, aunque los valores de grasa reportados en este trabajo son menores en comparación con los porcentajes de 6.02 a 8.8 % reportados por Vargas-Ramella *et al.* (2021), los cuales a pesar de estar por debajo del potencial productivo de la especie, esta reducción podría deberse a diversos factores como la raza, la edad, el número de partos, la alimentación, las condiciones climáticas y procedencia (Patiño, 2004).

Cuadro 9. Características fisicoquímicas de la leche de búfala durante el periodo de lactancia.

Variable	T1	T2	T3	E.E.M
Grasa (%)	4.26 a	3.67 b	3.55 b	1.13
Lactosa (%)	5.29 a	5.34 a	5.72 a	3.51
Proteína (%)	4.55 a	4.21 b	4.15 b	5.93
Sólidos no grasos (%)	10.92 a	10.60 a	10 b	8.40
Sólidos totales (%)	14.87 a	13.62 b	13.41 b	2.08
Acidez (%)	6.30 b	6.18 b	8.39 a	2.95
AG libres (%)	3.66 b	3.57 b	1.32 a	8.71
Ácido cítrico (%)	2.22 a	2.11 a	2.08 a	8.58
Caseína (%)	3.67 a	3.23 b	3.35 b	5.33
Urea (%)	3.92 b	4.60 b	1.38 a	7.23

a, b= Literales diferentes entre hileras indican diferencias significativas ($p < 0.05$);

E.E.M=Error estándar de la media

T1= Inicio de lactancia (noviembre, diciembre, enero); T2=Lactancia intermedia (febrero, marzo, abril); T3= Final de lactancia (mayo, junio, julio).

6.2 Lactosa

Con respecto a la lactosa la cual determina en gran medida en la condición láctea, por su relación con su contenido nutricional, la textura y disolución, la cual contribuye decisivamente en el sabor de los subproductos de esta (Sharif *et al.*, 2009). En base a lo

mencionado anteriormente se puede observar que el valor de T3 (5.72 %) fue diferente significativamente ($P < 0.05$) a los tratamientos T2 (5.34 %), y T1 (5.29 %) respectivamente, superando a lo reportado por Falfan Araujo *et al.* (2024) con valores de 4.80 %, de la misma manera superando a lo reportado por Ocampo *et al.* (2016) con un valor de 5.06 %.

6.3 Proteína

La cantidad de proteína puede verse afectada por diferentes elementos, como la fase de lactancia, edad y experiencia reproductiva del animal, número de partos y gestaciones y calidad y cantidad de alimentación (Patiño, 2004). Los resultados obtenidos reportaron que en el T1 (4.55 %), fue diferente significativamente ($P < 0.05$) a los tratamientos T2 (4.21 %) y T3 (4.15 %) respectivamente, superando a lo reportado por Espíndola y Nohelia (2023). Para la raza Mediterránea 3.29 %. también superando lo dicho por Ocampo *et al.* (2016) mencionan el 4.07 %.

6.4 Sólidos no grasos

Los sólidos no grasos son las proteínas, minerales, vitaminas y carbohidratos que se encuentran en la leche, el T1(10.92 %), fue diferente significativamente ($P < 0.05$) a los tratamientos T2(10.60 %) y T3(10 %) respectivamente, mostrando un comportamiento decreciente, superando al valor obtenido en bovinos con un valor de 8.30% según lo reportado por Ocampo *et al.* (2016), también superando a lo reportado por Espíndola y Noelia (2023) con un valor de 8.95 % para la raza Mediterránea. La leche de búfala presenta mayor porcentaje de SNG que las leches de cabra y vaca, lo que la hace una fuente de nutrientes para su consumo.

6.5 Sólidos totales

Los sólidos totales (grasos y no grasos), representan el extracto seco (sin agua), y son un indicador de calidad que se utiliza para determinar si un producto lácteo es apto para su comercialización, el T1(14.87 %), fue diferente significativamente ($P < 0.05$) a los tratamientos T2 (13.62 %) y T3(13.41 %), respectivamente, están por debajo de lo mencionado por Rebak *et al.* (2023), pero superando al valor de 12.83 % para bovino (Shandu, 1985).

6.6 Acidez

Es un indicador de calidad junto con el pH y la temperatura, es un indicador habitual para controlar la calidad de la leche, el T3 (8.39 %) es diferente significativamente ($P < 0.05$) a los tratamientos T1(6.30 %) y T2 (6.18 %) respectivamente, están por debajo de lo mencionado, bovinos 13 a 18° Dornic, 15.7 ° y 22.3° Dornic dependiendo la raza (Patiño, 2011). Están por debajo de lo mencionado.

6.7 Ácidos grasos libres

Son moléculas que desempeñan un papel fundamental como conservante en los lácteos procesados, asimismo, son una reserva de energía y se clasifican en tres categorías, saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. el T1 (3.66 %) es diferente significativamente ($P < 0.05$) a los tratamientos T2 (3.57 %) y T3 (1.32 %) respectivamente, estos datos están por debajo de lo mencionado por Buseti (2004) de 3 a 18 % de ácidos grasos totales, en ovinos y de 3 a 5 % en la leche de vaca.

6.8 Ácido cítrico

Es uno de los constituyentes más normales en la leche, sin embargo, todavía hay un desacuerdo en cuanto a las formas en las que este se presenta (citrato de K, Mg, Ca), por otra parte, se estima que hay entre 0.1 % y 2.0 % de ácido cítrico combinado de una u otra forma (Supplee y Bellis, 1921). Con base en lo anterior, los resultados obtenidos reflejaron que el T1 (2.22 %) es diferente significativamente ($P < 0.05$) a los tratamientos T2 (2.11 %) y T3 respectivamente. Cabe resaltar que el porcentaje de T3 se redujo a 2.08 %, por lo cual se mantiene dentro del rango mencionado anteriormente.

6.9 Caseína

En diferentes estudios se ha descrito que la caseína define la coagulación láctea (Guevara-Garay *et al.*, 2014). Aunado a esto se puede observar (Cuadro 10) que el T1(3.67 %), es diferente significativamente ($P < 0.05$) a los tratamientos T2(3.23 %) y T3(3.35 %), ya que estos resultados están dentro del rango (3.41 %) mencionado por Cabrera (2022) en su investigación

relacionada con la leche bufalina. Lo anterior indica que la leche de cabra es ideal para la elaboración para la producción de queso de muy buena calidad.

6.10 Urea

Estudios mencionan que el nivel de urea se mantiene ideal cuando se encuentran entre 0.025 % y 0.035 %, en consecuencia, cuando el nivel se encuentra por encima de 0.035 % existe un desequilibrio en los niveles de producción. El desequilibrio es comúnmente causado por el exceso de nitrógeno proveniente de las proteínas degradables del rumen (Kingshay y Allen, 2019).

En los resultados obtenidos se mostró un comportamiento creciente en el T2 (4.60 %) lo cual es diferente significativamente ($P < 0.05$) a los tratamientos T1(3.93 %) y T3 (1.38 %) esto quiere decir que está por encima de lo considerable para presentar un desequilibrio debido a la época del año (primavera) donde el consumo de alimento se basa principalmente en pastos con alto grado de proteína.

VII. CONCLUSIÓN

El estudio evaluó variables fisicoquímicas de la leche bufalina, incluyendo proteína, grasa, lactosa, caseína total y ácidos grasos, concluyendo que estos componentes son adecuados para el consumo humano. Los resultados mostraron consistencia en la calidad de estos componentes durante el periodo de lactancia, lo que garantiza la calidad y seguridad alimentaria del producto. Además, se determinó que las razas definidas en el país poseen un rendimiento máximo productivo debido a sus características favorables, lo que respalda la viabilidad para la industria láctea.

VIII. LITERATURA CITADA

- Ahmad S.; Anjum F. M.; Huma N.; Sameen A. y Zahoot. 2013. Composition and physico-chemical, characteristics of Buffalo milk with particular emphasis on lipids, proteins, minerals, enzymes and vitamins. *Juornal of animals and plant sciences* 23:62-74.
- Ahmad S.; Gaucher I.; Rousseau F.; Beaucher E.; Piot M.; Grongnet J. F y Gaucheron F. 2008. Effects of acidification on physico-chemical characteristics of buffalo milk: A comparison with cow' s milk. *Food chemistry* 106: 11-17.
- Almaguer P.Y.Y. 2007. El búfalo, una opción de la ganadería. *Revista Electrónica De Veterinaria* (8):20-23.
- Borghese A. & Mazzi M. 2005. Buffalo population and strategies in the world *in: Buffalo production and research*. Antonio Borghese (Ed). Monterotondo (Rome), Italy. pp:39.
- Busetti M. 2004. Composición de la leche de ovejas Pampinta a lo largo de un período de lactación. *Sitio Argentino de Producción animal*: 1-14. Busetti. M. 2004. Composición de la leche de ovejas Pampinta a lo largo de un período de lactación. *Sitio Argentino de Producción animal*: 1-14.
- Bustamante C.A. 2011. Evaluación de la suplementación alimenticia en búfalas (*Bubalus bubalis*), durante el primer tercio de la lactancia, en un sistema de producción en trópico húmedo, en zona ecología interandina en Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. 117p.
- Cabrera C.M.A. 2022. Características físico químicas de la leche de búfala (*Babalus Bubalis*). Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. 32 p.
- Cepeda P. R. 2008. Producción de caprinos: un enfoque técnico y social. Universidad autónoma de Baja California. La Paz B.C.S., México. 281 p.
- Ciucci E.A; Gómez. D.M y Molina. R.A. 2023. Curva de lactancia y análisis físico química de la leche de búfala. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. 37p.
- Espindola S. y Nohelia. L. 2023. Composición físico-químico de la leche de búfala (*Bubalus bubalis*). En: XXVIII Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resistencia: Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. Pp: 1.

- Falfan Araujo K.A.; Patiño-Cornejo I.A.; Gómez –Ortega I.V.; Silva- Silva J.J.; Luján-Rodríguez A.G.; Salas-Mendoza A.M.; Rojas-González S.; Rodríguez-Hernández G. Correlación entre perfil físicoquímico, carga microbiológica y conteo de células somáticas En Leche Bovina. JC 2024, 28.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2007. Agriculture Date base. En línea: <https://www.fao.org/dairy-production-products/dairy/buffaloes/es>. Consultado: 13/11/2024.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2024. Portal lácteo. Búfalos. En línea: <https://www.fao.org/dairy-production-products/dairy/buffaloes/es>. Consultado: 25/11/24.
- Fernández F.E.; Martínez H.J.A.; Suárez M.V; Moreno V.J.M; Collado Y.R.L.; Hernández C.M., y Francisco Javier Moran R.F.J. 2015. Documento de consenso: importancia nutricional y metabólica de la leche. Nutrición hospitalaria 31(1): 92-101.
- Ferrandini E.; Castillo M.; López M.B.; Laencina J. 2006. Modelos estructurales de la micela de caseína. Anales de veterinaria de Murcia (22): 5-18.
- Ganguli N.C. 1979. Tecnología de la leche de Búfala. Revista mundial de zootecnia 30: 2-10.
- Guesnet P. y Alessandri J.M. 2011. Decosahexaenoic acid (DHA) and the developing central nervous system (CNS). Implications for dietary recommendations. Biochimie 93(1): 7-12.
- Guevara- Garay L.A.; Cuartas C. D.A. y Llano- Naranjo F. 2014. Kappa caseína de la leche: aspectos bioquímicos, moleculares, productivos y nutricionales. Revista médica Risaralda (20): 1. 29-33.
- Humma N.; Sammen A.; Zahoor T.; Anjum M. 2013. Composition and physicochemical characteristics of buffalo milk with particular emphasis on lipids, proteins, minerals, enzymes and vitamins. Journal of Animal and Plant Sciencies (23): 62-74.
- Hurley W.L.2009. Milk compositionand Synthesis. En línea: <https://ansc.illinois.edu/search/node?keys=milk%20composition%20and%20sinthesys%20>. Consultado: 13/11/2024.
- Khan T.I.; Nadem M.; Imran M.; Asif M.; Khan M.K.; Din A. and Ulla R. 2019. Triglyceride, fatty acid profile and antioxidant characteristics of low melting point fractions of Buffalo Milk fat. Lipids in Health and Disease. 18(59):1-11.
- Kingshay y Allen. D. 2019. Dairy insight. Milk Urea. En línea: file:///C:/Users/Jazmin/Downloads/Milk_Urea_270619_1225.pdf. Consultado: 13/11/2024.

- Miller G. D.; Jarvis J.K.; Mcbean L. D. 2007. Handbook of Dairy Foods and Nutrition. *In: the Importance of Milk and Milk Products in the Diet, Dairy Foods and Cardiovascular Health.* Chapter I, 1-44, London, New York. 432 p.
- Moioli B.; Borghese A. 2005. Buffalo breeds and management systems, Buffalo production and research, Chapter III, 51-76, instituto sperimentale per la Zootechnia, FAO, Roma. 315p.
- Moreno A.L.A.; Cervera R.P.; Ortega A.R.M.; Díaz M.J.J.; Baladia E.; Basulto J.; Bel Serrat S.; Iglesia A.I.; López S.A.M.; Marena M.; Rodríguez R. E.; Santaliestra P.A.M.; Babio N. y Salas S.J. 2013. Evidencia científica sobre el papel del yogur y otras leches fermentadas en la alimentación saludable de la población española. *Nutrición hospitalaria* 28(6): 2039-2089.
- Ocampo G.R.; Gómez A.C.; Restrepo V.D. y Cardona C.H. 2016. Estudio comparativo de parámetros composicionales y nutricionales en leche de vaca, cabra y búfala, Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal – RECIA* 8(2): 177-186.
- Patiño E.M. 2004. Factores que afectan las propiedades físicas y la composición química de la leche de Búfalas (*Bubalus bubalis*) en Corrientes, Argentina. *Revista veterinaria* 15 (1): 21-25.
- Patiño E.M.; Crudeli G.A.; Mitad V. A.; Simplicio de Oliveira J. E.; Gusmao Couto A.; Jacobo R.A.; López O.C.; Sánchez N. M.; Almiron R.L.; Rebak G. 2011. Bobalinocultura de las Américas. Edit. Moglia S.R.L. Corrientes, Argentina. 2011 p.
- Pérez Y.A. 2007. El búfalo, una opción de la ganadería. *Revista electrónica de veterinaria* 8 (8): 1-23.
- Plana T. 2005. *Bubalus bubalis*, una especie salvajemente dócil y útil. *Revista Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA)* (1): 41-43.
- Ramlachan N. 2023. Genetic characterization of selected Buffalypso (*Bubalus bubalis*) from Trinidad and Tobago for Potencial use in a Conservation Genetics Programme. *Open Access Library Journal* 10: 1-10.
- Rebak G.I.; Obregón, G.R.; Gómez, G.; Segovia Espindola, L.; Vázquez Acosta, L; Pino, M.; Obregón, J.; Cantero, V.; Falivene, G. 2023. Valor nutricional de la leche de búfala. XLIII Sesión de Comunicaciones Científicas 2023. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Veterinarias. Corrientes, Argentina. Pp:1.
- Rodríguez E.M.; Alaejos M.; Romero C. 2001. Mineral Concentrations in Cow's Milk from the Canary Island. *Journal of Food Composition and Analysis* 14: 419-430.

- Rodríguez Y. 2017. Evaluación de la tecnología del secado por aspersión para la obtención de leche en polvo de bufala (*babalus bulbalis*). Tesis Magister en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Romero S.D. y Pérez L.A.A. 2014. Bubalinocultura en México: Retos de industria Pecuaria naciente. *In: Logros y Desafíos de la Ganadería Doble Propósito* ed. C González-Stagnaro, Madrid-Buri N., Soto E. (eds). Fundación Girarz. Ediciones Astrodata S.A. Maracaibo, Venezuela pp:707-714.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) 2017. El búfalo animal por triple partida. En línea: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/mxalimentandomx-el-bufalo-animal-por-triple-partida> .Consultado: 14/11/2024.
- Shandu T.S. 1985. The Buffalo for Dairy industry. I world Buffalo congress, Cairo, Egypt. Proceedings 2: 187-237.
- Sharif A.; Ahmad T.; Umer C. M.; Bilal M.Q.; Muhammad G. 2009. Quarter based determination of milk lactose contents and milk somatic cell count from dairy buffaloes under field conditions in Pakistan. Pakistan Journal of zoology. Suppl. Ser 9: 313-321.
- Supplee G.C. y Bellis B. 1921. Citric acid content of milk and milk products. From the Research Laboratory of the Dry Milk Company, New York. Pp: 453-461.
- UNIAGRARIA (Fundación Universitaria Agraria de Colombia). 2011. Leche de búfala. En línea: <https://es.slideshare.net/slideshow/leche-de-bufala/8982331> . Consultado: 14/11/2024.
- Vargas-Ramella; Marcio y Pateiro; Mirian y Maggiolino; Aristide y Faccia; Michele y Franco Ruiz, Daniel y Palo; Pasquale y Lorenzo; José M. 2021. Buffalo Milk as a Source of Probiotic Functional products. Microorganism 9: 23-03.
- Verruma M.R. 1994. Análise Química do leite de Búfala em comparação ao leite de vaca. Departamento de ciencia e Tecnología Agroindustrial 51 (1): 134-137.
- Webdone. 2012. Hidalgotitlán-Veracruz. En línea: <https://hidalgotitlan-ver.webnode.es/geografia/>. Consultado: 14/11/2024.
- WordPress. 2009. Municipio de Hidalgotitlán. En línea: <https://hidalgotitlan.wordpress.com/municipio/>. Consultado: 14/11/2024.

- Zava M. 2021. Búfalo de agua tomo1: generalidades y características productivas. Búfalo su origen, población importancia en el mundo. Clasificación zoológica especies, razas y cruzamientos. Ed Lid Editorial mexicana S.A de C.V.
- Zafra N. 2019. Buffalypso. En línea: https://prezi.com/p/ufrge2_ynv8l/buffalypso/. Consultado: 14/11/2024.



BUAP.

Oficio No. FCAyP/855/2024

Mariana Lizeth Herrera Rodríguez
Egresada de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Con base en el dictamen emitido por el Dr. Marcos Pérez Sato (**Director de Tesis**), Dr. Miguel Alejandro Cabrera Cruz (**Codirector**), Dr. Eutiquio Soní Guillermo (**Asesor**) y Dr. Numa Pompilio Castro González (**Asesor**) en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la elaboración digital de la tesis titulada:

Caracterización fisicoquímica de la leche de Búfala de agua en un periodo de lactancia.

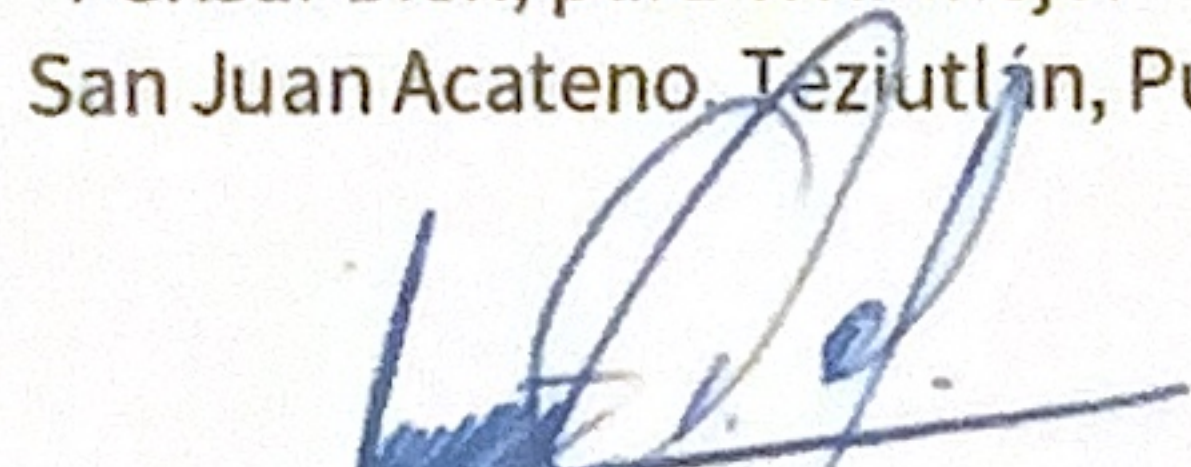
Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agronómica y Zootecnia.

Sin otro particular por el momento me despido de Usted.

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

San Juan Acateno, Teziutlán, Pue., a 02 de Diciembre de 2024


Dr. Armando Ibáñez Martínez

Director de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias



c.c.p. - Archivo y Minutario
Dr. AIM/mlsm