



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE DE BÚFALAS
SUPLEMENTADAS CON ENSILADO BIOLÓGICO DE PEZ DIABLO
(*Pterygoplichthys* sp.)**

ABIMAEI GARCÍA HERNÁNDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ

2019

La presente tesis, titulada: **PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE DE BÚFALAS SUPLEMENTADAS CON ENSILADO BIOLÓGICO DE PEZ DIABLO (*Pterygoplichthys sp.*)**, realizada por el alumno: **ABIMAEEL GARCÍA HERNÁNDEZ**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA:



DRA. ROSA ISELA CASTILLO ZAMUDIO

ASESORA:



DRA. SILVIA LÓPEZ ORTIZ

ASESOR:



DR. EDUARDO MANUEL GRANLET JUÁREZ

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México, 11 de octubre de 2019.

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE DE BÚFALAS SUPLEMENTADAS CON ENSILADO BIOLÓGICO DE PEZ DIABLO (*Pterygoplichthys* sp.)

Abimael García Hernández, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2019

Se suplementaron búfalas lactantes de la raza Bufalipso con ensilado biológico de pez diablo (*Pterygoplichthys* sp.) como fuente de proteína, con el objetivo de evaluar su efecto en la producción, la composición fisicoquímica, atributos sensoriales y perfil de ácidos grasos de la leche. 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 biológico de pez diablo como ingrediente proteico (SP). El estudio tuvo una duración de 26 días (16 días de adaptación a la dieta y 10 días de fase experimental). Durante los 10 d de la fase experimental, se pesó la producción de leche de manera individual. En el día ocho de la fase experimental, se tomaron alícuotas de leche para la evaluación sensorial, que consistió en una prueba triangular y una prueba descriptiva, en el día nueve, se tomó muestras de leche de cada búfala para los análisis fisicoquímicos y en el día diez, se tomaron muestras de leche de cada búfala para determinar el perfil de ácidos grasos. La suplementación aumentó la cantidad de leche producida por las búfalas en pastoreo ($p < 0.001$). No se encontró diferencia ($p > 0.05$) 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. Se encontró diferencia ($p < 0.05$) en los ácidos grasos saturados (SFAs) pentadecanoico y lignocérico; y en los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) α -linolénico, CLA t-10, c-12, Ácido dihomo-gamma-linolénico, DHA. Se concluye que la suplementación con pez diablo como fuente de proteína incrementa en un 25 % la producción de leche de las búfalas en pastoreo, modifica el perfil de ácidos grasos al disminuir en un 1.31% los SFAs y aumentar en 1.29% los PUFAs, no modifica la composición fisicoquímica y no afecta la calidad sensorial de la leche, 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: composición de la leche, atributos sensoriales, suplemento proteínico

YIELD AND MILK QUALITY OF BUFALOE MILK AFTER SUPPLEMENTATION WITH CATFISH (*Pterygoplichthys* sp.) BIOLOGICAL SILO

Abimael García Hernández, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2019

Lactating Bufalipso breed buffaloes were supplemented using silage of catfish (*Pterygoplichthys* sp.) as a source of protein in the supplement, and the effect on the yield, physical chemical and sensory attributes and fatty acid profile of milk was evaluated. Twenty-four female buffaloes were assigned to one of three treatments (n=8 rep) in a completely randomized design. The treatments were: grazing with no supplementation (Control), grazing + supplement (containing soybean paste as a protein source) (SS) and grazing + supplement (containing catfish silage as a protein source) (SP). The study was performed during 26 days (16-day adaptation period and a 10-day experimental test). During the 10-days test, milk yield was individually weighed; milk yield from all animals in each treatments was mixed on day 8, and a composed sample was taken from each treatment to perform the sensory evaluation, which consisted of a triangular test performed and a descriptive test. On day nine, milk aliquots were taken from each buffalo for physicochemical analyzes. On day 10, milk samples were taken from each buffalo to assess the fatty acid profile. Supplementation increased milk yield of grazing buffaloes ($p < 0.001$). However, no differences ($p > 0.05$) were observed among treatments for any milk physical or chemical variables. Milk from buffaloes fed catfish silage as a protein source differed from the other treatments in the descriptive test, in the attributes of appearance, fresh milk flavor, milk cream flavor, sweet taste and consistency. Differences ($p < 0.05$) were found in saturated fatty acids (SFAs) pentadecanoic and lignoceric; and in polyunsaturated fatty acids (PUFAs) α -linolenic, CLA t-10, c-12, Dihomo-gamma-linolenic acid, DHA. It is concluded that catfish silage as a source of protein increases milk yield by 25 % by grazing buffaloes, modifies the fatty acid profile by decreasing SFAs by 1.31% and increasing PUFAs by 1.29%, but it does not modify milk physicochemical composition or the sensory attributes, neither it confers odors or strange flavors to the produce; it rather intensifies the sweet taste, creamy milk flavor and thick consistency attributes, which positively modify milk appearance.

Key words: milk composition, sensory attributes, protein supplement.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme la beca, la cual permitió llevar a cabo los estudios de Maestría en Ciencias.

Al Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, por la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría en Agroecosistemas Tropicales.

A mi consejo particular: Dra. Rosa Isela Castillo Zamudio, Dra. Silvia López Ortiz, Dr. Eduardo Manuel Graillet Juárez por todo su apoyo, comprensión, paciencia, motivación, confianza, amistad y conocimientos compartidos para culminar esta investigación.

Al Dr. Jesús Alberto Ramos Juárez y la Dra. Rosa María Salinas Hernández por su apoyo, aportaciones y sugerencias para la realización de esta investigación.

Al Ing. Armando Morales Lagunes y su esposa Florisa Canelo Prieto por darme las facilidades de realizar esta investigación en su rancho, así como su apoyo en recursos humanos y económicos.

A la Dra. Alejandra Ramírez Martínez y a la química Nora Hernández por su apoyo para la determinación de ácidos grasos en el laboratorio de alimentos del Colegio de Postgraduados Campus Veracruz.

A Astrid, Ángel, José Luis, Faustino, David, Gregorio, Lorenzo, Víctor, Urías, Jesús, y demás personas que me apoyaron en análisis de laboratorio y en la fase de campo.

A mis amigas Ingrid, Paola, a mis compañeros de generación Otoño 2017 y Campus Veracruz, por todos los momentos compartidos, por su amistad y apoyo en los dos años de la maestría.

A Ivette e Israel, por su apoyo incondicional, por su amistad y confianza.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por mantenerme con vida, salud y por guiar siempre mi camino.

A mis padres Juan y Paula por darme la vida, por sus consejos y amor que siempre me han mostrado.

A mi hermana Darleni por tu apoyo, por tus consejos y amor.

A mi esposa Marly Guadalupe por tu apoyo incondicional, por tu paciencia y comprensión. Te amo.

A mis hijos Santiago Karim, Abi Yaretzi, Eliud Abisai y Arlette Michelle que son mi motor en la vida para seguir superándome.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 El pensamiento complejo y la teoría general de sistemas en el estudio de los agroecosistemas	3
2.2 Búfalo de agua	5
2.2.1 Origen y distribución.....	5
2.2.2 Taxonomía y razas	6
2.3 Importancia de la producción de búfalos en pastoreo en los agroecosistemas tropicales	7
2.4 Exigencias nutricionales para bufalas lecheras.....	9
2.5 Suplementación en búfalas	11
2.6 Ensilado biológico de pescado como fuente de proteína en suplementos.....	12
2.7 <i>Pterygoplichthys</i> sp.	14
2.8 Producción de leche de búfala	16
2.9 Calidad de la leche de búfala.....	17
2.10 Composición fisicoquímica de la leche de búfala	19
2.11 Ácidos grasos en la leche de búfala y sus propiedades funcionales	20
2.12 Importancia de los lácteos con propiedades funcionales	22
2.13 Características organolépticas y análisis sensorial de la leche	24
3. HIPÓTESIS.....	27
3.1 Hipótesis general.....	27
3.2 Hipótesis particulares	27
4. OBJETIVOS	28
4.1 Objetivo general.....	28

4.2 Objetivos particulares	28
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
5.1 Localización geográfica del área de estudio.....	29
5.2 Tratamiento y diseño experimental	29
5.3 Elaboración de los suplementos	30
5.4 Procedimiento experimental.....	34
5.5 Análisis fisicoquímicos.....	37
5.6 Evaluación sensorial.....	37
5.7 Perfil de ácidos grasos	40
5.7.1 Extracción de la grasa en la leche.....	40
5.7.2 Esterificación de los ácidos grasos en la leche	41
5.7.3 Lectura del perfil de ácidos grasos en leche.....	41
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
6.1 Producción y características fisicoquímicas de la leche	43
6.2 Atributos sensoriales.....	45
6.5 Ácidos grasos de la leche de búfala.....	49
7. CONCLUSIONES.....	52
8. LITERATURA CITADA.....	53
9. ANEXOS.....	78

LISTA DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 1. Requerimientos nutricionales diarios de las búfalas en lactancia para varias funciones.....	10
Cuadro 2. Producción mundial de leche por especie (millones de toneladas).....	17
Cuadro 3. Composición de la leche según la especie.	19
Cuadro 4. Ingredientes y composición porcentual de los suplementos con pasta de soya (SS) y ensilado biológico de pez diablo (SP) como fuente protéica, elaborados para búfalas lactantes en pastoreo.	31
Cuadro 5. Descriptores utilizados para describir el perfil sensorial de la leche de bufalas.....	39
Cuadro 6. 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 biológico de pez diablo (SP) como fuente proteica.....	43
Cuadro 7. 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 biológico de pez diablo (SP) como fuente proteica.....	45
Cuadro 8. 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 soya (SS) o ensilado biológico de pez diablo (SP) como fuente proteica.	46
Cuadro 9. Composición porcentual ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) de ácidos grasos en leche de búfalas en pastoreo (Control) y suplementadas con un alimento que contenía pasta de soya (SS) y ensilado biológico de pez diablo (SP) como fuente proteica.....	51

LISTA DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1. Búfalas de agua de la raza Bufalipso en el rancho Sehualaca Bufalera.	6
Figura 2. Pez diablo capturado en la laguna de El Macayal, Hidalgotitlán, Veracruz.....	15
Figura 3. Localización del sitio experimental dentro del municipio de Hidalgoitlán.	29
Figura 4. A) Toma de muestras de pasto en potrero; B) Análisis Bromatológico de <i>Paspalum fasciculatum</i>	30
Figura 5. Proceso de elaboración del inocular microbiano.....	32
Figura 6. Proceso de elaboración del ensilado biológico de pez diablo.	33
Figura 7. Proceso de elaboración del suplemento a base de ensilado biológico de pez diablo.	33
Figura 8. Proceso de elaboración del suplemento a base de soya.	34
Figura 9. Pesaje de las raciones de suplementos para cada tratamiento.....	34
Figura 10. A) Alimentación de las búfalas; B) Búfalas alimentadas con suplemento base soya; C) Búfalas alimentadas con suplemento base ensilado biológico de pez diablo.	35
Figura 11. A) Ordeña manual de las búfalas; B) Pesaje de la producción de leche de cada búfala por tratamiento.	36
Figura 12. Proceso del análisis fisicoquímico de la leche de búfala con el Lactoscan MCC.....	37
Figura 13. Realización de la prueba triangular.	38
Figura 14. Extracción de la grasa de la leche de búfala.	41
Figura 15. Esterificación de la grasa de la leche de búfala.....	41
Figura 16. Lectura del perfil de ácidos grasos de la leche de búfala, mediante cromatografía de gases masas.....	42
Figura 17. Perfil sensorial de la leche de búfalas en pastoreo (control) y suplementadas con un alimento que contenía pasta de soya (SS) o ensilado biológico de pez diablo (SP) como fuente proteica.....	46

LISTA DE ANEXOS

	Pagina
Anexo 1. Formato para la prueba triangular.	78
Anexo 2. Planilla para la evaluación sensorial descriptiva de la leche entera de búfala.....	79
Anexo 3. Formato para la prueba triangular.	82

1. 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). 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, que contribuye al 14.4% del total de leche producida anualmente (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 *et al.*, 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 y también el de mayor costo para los ganaderos, de allí la importancia de buscar insumos proteicos de menor costo entre los recursos locales, que puedan utilizarse para suplementar al ganado. La

fuelle de proteína que se utiliza para elaborar los alimentos tiene gran importancia y de ella depende la eficiencia productiva del ganado y también la calidad de sus productos. La leche de búfalas tiene una calidad fisicoquímica y nutricional sobresaliente (Ahmad *et al.*, 2013), comparada a la leche de otras especies, pero su calidad y características organolépticas también pueden modificarse mediante la suplementación.

Diversas investigaciones han evaluado el efecto de la suplementación proteica, energética y lipídica en los búfalos (García *et al.*, 2004; Patiño, 2004; Cervantes *et al.*, 2010; Navarro *et al.*, 2011; Ahmed *et al.*, 2016; 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 biológico del pez *Pterygoplichthys* sp. llamado comunmente 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, se puede aprovechar como fuente de proteína después de un proceso de fermentación anaeróbica (ensilado biológico) del pescado fresco, que elimina el olor y sabor característicos del pescado usando bacterias lácticas y carbohidratos. Este 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 ella. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción, composición fisicoquímica, características sensoriales y perfil lipídico de la leche de búfalas suplementadas con un alimento a base de ensilado biológico de pez diablo como fuente de proteína.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El pensamiento complejo y la teoría general de sistemas en el estudio de los agroecosistemas

Ante la complejidad de la realidad agrícola y como respuesta al agotamiento e inaplicabilidad de enfoques analítico-reduccionistas limitados (Morin, 2007), algunos investigadores en el mundo comenzaron a abordarla desde el pensamiento complejo, paradigma emergente que utiliza la teoría de los sistemas complejos como marco teórico conceptual para explicarla (Casanova-Pérez *et al.*, 2015). En respuesta a lo anterior se empezó a estudiar los fenómenos de la agricultura desde la agroecología, una disciplina que emerge en los años 1970, con aportaciones de la teoría general de sistemas y la cibernética como su base teórica primigenia (Altieri, 1999; Gliessman, 2005; Rivera, 2009; Casanova *et al.*, 2016).

El pensamiento complejo y los principios de la teoría general de sistemas que permitieron emerger al pensamiento agroecológico, sentaron las bases para la conceptualización de su unidad de estudio: “el agroecosistema” (Altieri y Toledo, 2011).

La primera conceptualización de agroecosistema se le atribuye a Harper en 1974, sin embargo, a lo largo del tiempo este concepto ha evolucionado. En México, Hernández X. (1977) fue el primero en introducir el concepto, lo definió como un ecosistema modificado en menor o mayor grado por el hombre al utilizar los recursos naturales en los procesos de producción agrícola. Por otro lado, Gliessman (1990) define a los agroecosistemas como los ecosistemas transformados por el hombre para la producción de alimentos.

Tomando como base la perspectiva teórica de Edgar Morin, Rolando García y Niklas Luhmann, el agroecosistema puede concebirse como un modelo conceptual o como la representación de un recorte de la realidad, un sistema complejo de carácter abierto, constituido por subsistemas o

elementos heterogéneos en interacción. En el entorno de este sistema se encuentran los sistemas de conciencia (individuos), que desde la perspectiva agroecológica son los controladores cibernéticos de los agroecosistemas. Estos sistemas pueden ser irritados o perturbados por información proveniente de su entorno social o ruido proveniente de su entorno natural, que conducirán a la toma de decisiones por parte de los sistemas de conciencia, expresándose en el manejo diferenciado de los agroecosistemas, que generarán una memoria social (Casanova-Pérez *et al.*, 2015).

Los límites del agroecosistema son designados arbitrariamente por el observador de segundo orden (investigador), con base en tiempo y recursos disponibles. Estos límites se pueden establecer a nivel mundial, país, región, granja o parcela según sea la necesidad del estudio (Prager *et al.*, 2002; Herrscher, 2003).

Esta investigación se centra en el estudio del sistema de producción de búfalos en pastoreo a nivel de granja, en ella se analizan los cambios en la producción y composición de la leche por efecto de la suplementación en la alimentación tradicional de las búfalas. Este sistema puede sufrir perturbaciones por efecto de diversos elementos del supra sistema como: las políticas enfocadas al sistema búfalo, precios de la leche, precio de los insumos, mano de obra especializada, medios y vías de comunicación, demanda del mercado. Así como resonancias por efecto de sequías, inundaciones, escasez de pastos. El sistema producción de búfalo esta en relación con otros subsistemas como: la transformación y comercialización de derivados lácteos, cultivo de hule, cultivo de maíz, siembra de pastos, huerta de traspatio, producción de tilapia. Todas estas interrelaciones del exterior y del interior, llevarán al productor a tomar decisiones que se expresarán en el manejo integrado del agroecosistema.

2.2 Búfalo de agua

2.2.1 Origen y distribución

El búfalo de agua es originario de Asia y se registran datos de su existencia como animal doméstico desde hace 5000 años a.n.e. en la región ocupada hoy por India y Pakistán (Almaguer, 2007).

El búfalo fue llevado de Asia a África, luego a Europa, a Oceanía y posteriormente a América (Nascimento, 1993). Según FAOSTAT (2017) la población mundial de búfalos de agua es de 200.97 millones de cabezas, de las cuales Asia tiene el 96%, África el 3%, América 1% y menos del 1% en Australia y Europa.

El búfalo llegó a América en 1880 pero fue hasta 1990 cuando se diseminó por varios países de Sudamérica como: Brasil, Trinidad y Tobago, Venezuela y Argentina. En la actualidad el búfalo se encuentra en todo el continente americano y entre los principales países con mayor cantidad de cabezas se ubican: Brasil, Venezuela, Colombia y Argentina (Patiño, 2011).

En México se importaron los primeros búfalos de agua en el año de 1992, procedentes de Belice y Estados Unidos a los estados de Campeche, Veracruz y Tabasco. Actualmente los principales estados productores son: Veracruz, Tabasco, Campeche, Chiapas, Quintana Roo y Oaxaca, con un estimado de 120,000 cabezas (SAGARPA, 2017).

En el estado de Veracruz los principales municipios con producción de búfalos por sus condiciones agroclimáticas son: Hidalgotitlán, Minatitlán, Sayula, Jesús Carranza, Acayucan, Las Choapas, Jáltipan de Morelos, Soconusco, San Juan Evangelista y Uxpanapa.

2.2.2 Taxonomía y razas

El búfalo de agua pertenece a la Familia *Bovidae*, Subfamilia *Bubalinae*, Género *Bubalus*, especie *Bubalus bubalis* (Mitat, 2011). Actualmente, se reconocen 19 razas de búfalos en el mundo, de las cuales el Carabao o búfalo de pantano es utilizado para trabajo y producción de carne. Las 18 razas restantes pertenecen a la especie *Bubalus bubalis* y son de doble propósito (producción de carne y leche), mundialmente las cuatro razas más conocidas son Carabao, Mediterránea, Murrah y Jafarabadi (Almaguer, 2007; Patiño, 2011).

La población de búfalos en México es mestiza, principalmente de la raza Bufalipso (Hernández-Herrera *et al.*, 2018). Se denomina Bufalipso (Figura 1), por la expresión derivada de la unión de las palabras búfalo y calipso, este último el nombre de un baile típico de Trinidad y Tobago. Esta raza fue seleccionada morfológicamente para la producción de carne y leche, producto del cruzamiento entre las razas Murrah, Jafarabadi, Nagpuri, Surti y Nili-Ravi.

Alcanza producciones de hasta 1372 kg de leche, con lactancias de 270 - 305 d, presenta el primer parto a los 37 ± 2 meses de edad y un período interpartal de 415 ± 30 d. Los machos llegan a pesar entre 600-900 kg y las hembras entre 450-650 kg (Almaguer, 2007).



Figura 1. Búfalas de agua de la raza Bufalipso en el rancho Sehualaca Bufalera.

2.3 Importancia de la producción de búfalos en pastoreo en los agroecosistemas tropicales

A nivel mundial, la producción animal está pasando por cambios estructurales debido al crecimiento en la demanda de productos de origen animal por el crecimiento de la población humana (FAO, 2017). Esta demanda en los alimentos ha generado un gran interés por incorporar otras especies animales; que resulten un complemento en la oferta de productos inocuos, con calidad nutricional y nutracéutica como los derivados de esta especie (Catillo *et al.*, 2002).

En México, esta especie se introdujo como una alternativa para la ganadería del país, con la finalidad de establecer sistemas bufalinos en condiciones ambientales del trópico, mediante la crianza extensiva en zonas pantanosas e inundables naturales donde demuestran gran capacidad de adaptación. Esta capacidad de adaptación de acuerdo con Chupin (1993), se debe a que el búfalo posee pigmentos de melanina en la piel que retienen la radiación ultravioleta abundante en los trópicos, protegiendo así al animal de sus efectos perniciosos. Además, cuentan con glándulas sebáceas más desarrolladas y activas, las que se encargan de segregar una sustancia grasa “sebum” que cubre la superficie de la piel que la hace resbaladiza al fango. El búfalo requiere de bastante agua y sombra, debido a que tiene poca capacidad de transpirar, posee solo un 10% de glándulas sudoríparas respecto al ganado vacuno, de manera que las condiciones del trópico son las idóneas para su establecimiento (INTA, 2006).

La crianza de esta especie en condiciones de clima tropical se basa en el pastoreo, ya que, esta es la forma más barata de adquisición de nutrientes para los diferentes propósitos productivos, por ser la fuente que mejor se adapta a las necesidades fisiológicas de los rumiantes (Vélez, 1997). En estas condiciones los búfalos pastan en el horario diurno más fresco o en cualquier horario si tienen acceso a la sombra, como una forma de regular la temperatura corporal (Salazar, 2000).

El búfalo presenta un buen comportamiento en condiciones de alimentación adversas, debido a que son animales más rústicos y menos selectivos que otras especies, se adaptan a dietas con forrajes fibrosos de baja calidad nutritiva (Mitat, 2011). Esta capacidad de conversión alimenticia para utilizar con eficiencia los recursos fibrosos, se debe a las ventajas anatómicas y fisiológicas del tracto gastrointestinal más grande, que le permite un mayor almacenamiento y una tasa de pasaje de los alimentos más lento. Además, los búfalos tienen un mejor desarrollo de las papilas rúminales, así como un mayor número de microorganismos y bacterias celulíticas en el rumen, que favorece a una mayor degradación de la fibra y absorción de los nutrientes de la fermentación ruminal, que hacen que este animal sea más eficiente, ya que aprovechan mejor la proteína y energía proveniente de los pastos y forrajes de baja calidad nutricional (López *et al.*, 2005; Guevara, 2009; Torres, 2009).

Otras características de la potencialidad del búfalo son: alto índice reproductivo, baja mortalidad, menor a 1% en adultos y de 3% en bucerros, resistencia a enfermedades, longevidad, alta capacidad reproductiva, mansedumbre y el poco o nulo desarrollo a mastitis debido a características anatómicas y fisiológicas que crean barreras de penetración de microorganismos a la glándula mamaria. Lo anterior, son algunos elementos para considerar esta especie como una alternativa actual para la producción de leche y carne (Almaguer, 2007; Mitat, 2011).

En condiciones de alimentación natural, los búfalos producen carne y leche con alto valor nutritivo, su producción de leche en condiciones extensivas está en un promedio de 5 kg. d⁻¹, lo cual es suficiente para elaborar 1 kg de queso, debido a una mayor cantidad de sólidos totales en la leche, lo que le confiere relevancia esencial para procesos industriales (Gutiérrez *et al.*, 2014; Mitat, 2007; Rosales, 2009).

2.4 Exigencias nutricionales para bufalas lecheras

Aunque los búfalos son animales con una alta eficiencia en la utilización de alimentos con bajo valor nutritivo, es necesario garantizar la oferta de nutrientes que cubran los requerimientos en sus diferentes estados fisiológicos, que permitan mantener un estado saludable del animal y su eficiencia en su potencial reproductivo y productivo. Dentro de los nutrientes más importantes se encuentran la proteína, energía, minerales, vitaminas y agua. (El-Nenaey *et al.*, 1996; Planas y García, 2002; Terramoccia *et al.*, 2005).

La proteína es de los nutrientes más importantes en la dieta, niveles bajos de este nutriente, afectan severamente el crecimiento y la fermentación microbiana en el rumen, incrementando el tiempo de retención de los forrajes, reduciendo la capacidad de digestión de la materia orgánica y el consumo voluntario, afectando la producción de carne y leche. Otro nutriente importante y limitante en los pastos tropicales es la energía, porque generalmente los forrajes maduran muy rápido haciéndose menos nutritivos y fibrosos. Debido a esa baja calidad, los alimentos generalmente son menos digestibles y permanecen por mucho tiempo en el sistema digestivo. Los requerimientos energéticos de los búfalos dependen de: el peso, la edad, la gestación, la producción, el estado fisiológico y los factores de estrés ambiental (Usmani y Inskeep 1989; Paul *et al.*, 2002; Zicarelli, 2004; Bartocci *et al.*, 2005; Hayashi *et al.*, 2005; Pathak, 2005; Terramoccia *et al.*, 2005; Campanile, 2006; Tufarelli *et al.*, 2008).

Las necesidades energéticas de las bufalas en lactancia aumentan durante los primeros 90 días, ya que, en esta etapa, tienen su mayor producción de leche. (Jorge y Francisco, 2011). De acuerdo con Proto (1993) se debe monitorear la variación del porcentaje de grasa en la leche, la cual fluctúa entre 6 a 12%, e influye en los requerimientos de energía (Cuadro 1).

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales diarios de las búfalas en lactancia para varias funciones.

Peso Corporal, kg	MS (kg)	PB (g)	PD (g)	NDT (Kg)	EM (Mcal)
	<i>Requerimiento para mantenimiento</i>				
400	5.35	485	280	3.16	11.4
450	5.85	530	307	3.45	12.5
500	6.33	574	332	3.74	13.5
550	6.80	617	357	4.01	14.5
600	7.28	658	380	4.28	15.5
650	7.70	699	404	4.55	16.4
700	8.15	739	427	4.81	17.4
<i>Grasa, %</i>	<i>Requerimiento para producción de 1kg de leche de acuerdo con el % grasa</i>				
5.0	0.608	80.0	49.0	0.359	1.30
5.5	0.648	85.1	52.0	0.383	1.39
6.0	0.688	90.3	55.2	0.406	1.47
6.5	0.728	95.5	58.5	0.429	1.55
7.0	0.768	101.0	61.6	0.453	1.64
7.5	0.807	106.0	64.8	0.476	1.72
8.0	0.847	111.0	68.0	0.499	1.80
<i>Requerimiento para ganancia de 1kg de peso corporal</i>					
	3.37	330	230	1.97	7.12

*Adaptado de Paul *et al.* (2002). MS= Materia Seca, PB = Proteína Bruta; PD = Proteína Digestiva; NDT = Nutrientes Digestibles Totales; EM = Energía Metabolizable.

Los estudios demuestran que proveer la adecuada cantidad de energía y nutrientes que los búfalos requieren para mantenimiento, crecimiento y producción generan efectos positivos sobre la salud y la productividad en búfalos (Mandal *et al.*, 2005).

2.5 Suplementación en búfalas

La suplementación nutricional es una práctica importante para el ganado en pastoreo, que permite complementar los nutrientes y la energía que las pasturas no aportan a la dieta y que son necesarios para el mantenimiento y la actividad productiva (Ramírez, 2003). La suplementación también puede hacerse con el propósito de mejorar la calidad y composición de los productos de origen animal, y otorga valor agregado a los productos, traduciéndose en un beneficio para los consumidores (Vasta *et al.*, 2009). Para establecer una estrategia de suplementación, el primer paso es establecer un orden de prioridad sobre la base de las limitaciones esperadas, como: el desequilibrio en la relación proteína-energía, ocasionado por el consumo de alimentos bajos en nutrientes o del estado fisiológico del animal (Preston, 1989).

Se han realizado estudios en diversos países evaluando los efectos de diferentes tipos de suplementación en búfalas de diferentes razas, en las que destacan: la suplementación lipídica y la suplementación con diferentes niveles y tipos de proteína. Estos estudios se han realizado antes, durante y después de la lactancia, analizando cambios en la composición fisicoquímica, perfil de ácidos grasos, producción de leche y ganancia de peso del animal.

Estudios como los de García *et al.* (2004), Mir *et al.* (2015), Bustamante *et al.* (2017), y Ojha *et al.* (2017) han demostrado un incremento en la producción de leche por efecto los diferentes tipos de suplementación. Dhulipalla *et al.* (2013) informan que el promedio diario en producción de leche en búfalas de la raza Murrah fue mayor en el grupo suplementada con concentrado (9.33 kg) en comparación con el control (9.02 kg). Esto reafirma lo informado por Habib *et al.* (1994), Dass *et al.* (1996), Reddy *et al.* (1996) acerca de la importancia del suplemento proteico-energético en esta especie.

La composición fisicoquímica de la leche de búfala puede ser modificada por efecto de la suplementación. La grasa, la proteína y los sólidos totales son las variables que más pueden modificarse con la suplementación (Patiño, 2011). Aunque también puede haber variación en la composición fisicoquímica de la leche (Dhulipalla *et al.*, 2013; Bustamante *et al.*, 2016; Ojha *et al.*, 2017). Hay otros estudios que no observaron variaciones en la composición como los de Mir *et al.* (2015). Estas diferencias en la composición de la leche están en función de la alimentación, la raza, la etapa de lactancia o de las condiciones ambientales que podrían variar entre las investigaciones

En las búfalas el perfil de ácidos grasos de la leche se ha modificado mediante la suplementación con aceites de soya, aceite de lino, aceite de mostaza, aceite de girasol, aceite de pescado, entre otras (Gagliostro *et al.*, 2006; Shingfield *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2007; Kathirvelan y Tyagi, 2009; Toral *et al.*, 2010; Bernard *et al.*, 2015; Bustamante *et al.*, 2016; Santillo *et al.*, 2016; Patiño *et al.*, 2017). Los resultados de estas investigaciones indican que algunas fuentes lipídicas utilizadas en suplementos pueden resultar efectivas en la reducción de los niveles de ácidos grasos saturados e incremento de ácidos grasos esenciales, benéficos para la salud humana (Patiño *et al.*, 2017).

2.6 Ensilado biológico de pescado como fuente de proteína en suplementos

El ensilado es un proceso de conservación de forrajes u otros alimentos con elevado contenido de humedad (65 a 70%), en ausencia de aire (anaerobiosis), es un proceso de acidificación, que impide la continuidad de la vida vegetal y de la actividad microbiana indeseable como (*Clostridia*, *Listeria*, *Coliformes*, hongos y levaduras) (León, 2003; De la Roza, 2005; Rodríguez y Díaz, 2005).

El ensilado de pescado es poco conocido, pero que tiene un fundamento válido en la conservación de alimentos no vegetales y que ha sido evaluado en varias regiones de México y otros países en la alimentación de los animales domésticos, tales como: cerdos, aves de corral, ganado vacuno e incluso los propios peces, con resultados satisfactorios (Bertullo, 1994; Al-Marzooqi *et al.*, 2010; Ornelas *et al.*, 2011; Tejada-Arroyo *et al.*, 2015), sin embargo, no existen reportes de haber utilizado este ensilado para suplementar búfalos. El ensilado de pescado se puede elaborar de varias formas, pero los que más destacan son los métodos químicos y el biológico.

El ensilado químico se elabora mediante la adición de ácidos orgánicos o inorgánicos al pescado molido. Entre los ácidos más empleados se encuentran: el fórmico, sulfúrico, clorhídrico, propiónico y acético. El ensilado químico es más sencillo de elaborar, pero más costoso por el costo elevado de los ácidos, se requiere equipo anticorrosivo y su manipulación y almacenamiento es peligrosa. Estos ácidos, a excepción del fórmico, requieren ser neutralizados antes de su empleo en la alimentación animal, debido al excesivo descenso del pH en el producto (Cordova y Bello, 1986; Bello, 1993; Ojeda, 1993; Parin y Zugarramurdi, 1994).

El ensilado biológico se basa en la fermentación ácido-láctica. Para elaborarlo se utilizan cepas de bacterias ácido-lácticas y melaza como fuente de carbohidratos, por su alta composición de azúcares como glucosa, fructosa y sacarosa. Las bacterias ácido lácticas (BAL) son microorganismos que tienen diversas aplicaciones, siendo una de las principales la fermentación de alimentos como la leche, carne y vegetales para obtener productos como el yogurt, quesos, encurtidos, embutidos, ensilados, entre otros. Las BAL, además de contribuir en la Biopreservación de los alimentos, mejoran las características sensoriales como el sabor, olor,

textura y aumentan su calidad nutritiva (Bello *et al.*, 1993; Plascencia-Jatomea *et al.*, 2002; Vidotti *et al.*, 2003; Ramírez *et al.*, 2008).

El ensilado de pescado obtenido por fermentación con BAL ofrece las siguientes ventajas: Se evita la compra de ácidos, los cuales son costosos y muchos de ellos corrosivos, por lo que antes de ser consumido por los animales requiere ser neutralizado. En cambio, los ensilados biológicos tienen valores de pH superiores a 4.1 lo que representa ventajas en la alimentación animal pues no requieren neutralizarse antes de la elaboración de dietas. Así mismo, es fácil el mantenimiento y reproducción de las BAL (Bello, 1994; Cira *et al.*, 2002; Ferraz de Arruda, 2004; Nwana *et al.*, 2004; Ramírez, 2009).

Desde el punto de vista nutricional, las proteínas del ensilado biológico de pescado, tienen mayor digestibilidad. El ensilado contiene también aminoácidos esenciales, ya que la fermentación, permite la estabilidad de aminoácidos como: isoleucina, treonina, cistina, metionina y lisina manteniendo valores similares a los de la harina de pescado (Batista, 1999; Vidotti *et al.*, 2003). Además, es una fuente excelente de lípidos y minerales, ya que la fermentación ayuda a estabilizar el aceite, evitando así la rancidez del producto; por lo tanto, resulta más atractivo para los animales, por lo que es recomendable como ingrediente alimenticio para diversas especies animales (Viddoti *et al.*, 2003; Zinudheen *et al.*, 2008).

2.7 *Pterygoplichthys* sp.

Los peces de la familia *Loricariidae* se dividen en subfamilias y tribus. Las cuatro subfamilias actuales son: *Ancistrinae*, *Hypoptopomatinae*, *Hypostominae* y *Loricariinae*. La subfamilia *Hypostominae* se divide en cinco tribus: *Hypostomini*, *Pterygoplichthyni*, *Corymbophanini*,

Rhinelepini y *Ancistrini*. En la tribu *Pterygoplichthyni*, se encuentran los peces diablo que se reportan fuera de la gran cuenca Amazónica, los *Hypostomus panamensis* y *Pterygoplichthys* sp. La tribu *Pterygoplichthyni* se divide en dos géneros: los *Pterygoplichthys* y los que se encuentran en el grupo de los *Hemiancistrus annectens*. El género *Pterygoplichthys* tiene 15 especies, las más significativas son *P. pardalis* y *P. disyuntivus*; mientras que en el grupo de los *H. annectens* se ubica *Hypostomus panamensis* y *Hemiancistrus aspidolepis*, entre otros (Armbruster, 2004).

Pterygoplichthys sp. presenta un patrón de color generalmente marrón oscuro con puntos más oscuros o puntos más ligeros en los movimientos vermiculares se caracteriza por tener una espina dura y 12 radios blandos en la aleta dorsal (Armbruster, 1997).

En la región sur del estado de Veracruz, México, el pez diablo (Figura 2) es una especie exótica, que ha invadido los ecosistemas, ocasionando problemas ambientales, económicos y sociales; entre los más importantes se encuentran la degradación del hábitat, desplazamiento de especies nativas, cambios en la calidad del agua, ruptura de redes de pesca, entre otras. Es claro que el camino a seguir para el control de esta especie no es la eliminación, sino su empleo para consumo humano o la utilización como fuente de proteína y lípidos en la fabricación de alimentos balanceados para diferentes especies animales (Mendoza *et al.*, 2007).



Figura 2. Pez diablo capturado en la laguna de El Macayal, Hidalgotitlán, Veracruz.

El pez diablo presenta alto contenido de proteína de alta calidad biológica, por lo que puede ser utilizada como ingrediente proteico en la formulación de dietas en diferentes especies animales (Maldonado-Enríquez *et al.*, 2016). El contenido proteico del pez diablo sin cabeza es de 73.69%, humedad promedio de 70%, 0% en contenido de fibra ya que las harinas de pescado no contienen fibra, 35% de ceniza y un contenido de grasa de 12%, lo cual la convierte en un insumo de primera calidad (Escalera *et al.*, 2012).

El perfil de ácidos grasos del aceite crudo de pez diablo, se conforma principalmente por el ácido palmítico (C16:0), aunque también contiene cantidades apreciables de los ácidos esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3) (Vargas, 2005).

Por otro lado, Guillén-Sánchez *et al.* (2015) encontraron un balance adecuado de ácidos grasos ω 6/ ω 3 en la huevo del pez diablo. Con un contenido de ácidos grasos saturados de 47.6%, principalmente de ácido palmítico (23.5%). Dentro de los ácidos grasos monoinsaturados informa una cantidad relativamente alta de 28.6%, con un 17.3% de ácido oleico (C18: 1 ω 9). En cuanto a los ácidos poliinsaturados, mostró aproximadamente un cuarto de su total 23.8%, en el que sobresale el ácido docosahexaenoico (C22:6 ω -3, DHA) con 8.2%. En cuanto el ácido eicosapentaenoico (C20:5 ω -3, EPA) mostró un contenido característico para especies de agua dulce con un valor bajo de 0.7%.

2.8 Producción de leche de búfala

La producción mundial de leche de todas las especies alcanzó 693.7 millones de toneladas de las cuales 89.2 millones de toneladas fueron de búfala en el año 2008 (FAO, 2010). Los principales países productores de leche de búfala en el mundo son: India (60.9 millones), Pakistán (20.9 millones), China (2.9 millones), Egipto (2.6 millones), Nepal (980,000), Irán (240,000).

En los últimos cincuenta años, el crecimiento de la producción de leche de búfala (Cuadro 2) fue del 248.4%, en cambio el de leche de vaca en ese mismo período, apenas alcanzó el 40.5 %, el de cabra fue del 105.4 % y el de oveja del 40%, lo que señala la importancia de la evolución de la lechería bufalina (Patiño, 2011).

Cuadro 2. Producción mundial de leche por especie (millones de toneladas).

Especie	Años					Crecimiento en el periodo (%)
	1965	1975	1985	1995	2008	
animal						
Bovino	332.5	387.7	458	464.4	578.4	40.5
Bufalino	19.2	23.2	37	54.4	89.2	248.4
Caprino	6.7	6.6	8.3	11.7	15.2	105.4
Ovino	5.5	5.8	7.2	7.9	9.1	40
otros	0.9	1.2	1.4	1.4	1.6	45.4
Total	364.8	424.5	511.9	539.8	693.7	53.3

Fuente: FAO (2010)

Sin embargo, esta gran cantidad de leche producida no se debe a una mayor productividad, sino a una mayor población de animales. La baja productividad de los búfalos se debe principalmente a la falta de potencial genético, suministro inadecuado de alimentación y de nutrientes (Mir, 2015).

2.9 Calidad de la leche de búfala

La leche es el único alimento para las primeras fases del crecimiento en mamíferos, es básica en la dieta de la población humana por la enorme cantidad de nutrientes que aporta (Villegas de Gante y Moreno, 2014). La FAO (2011) recomienda consumir 160 kg de leche por habitante al año, para obtener una buena nutrición. Aunque en promedio el consumo por habitante es de 104 kg, existen partes del mundo donde el consumo es menor o mayor, dependiendo del ingreso económico de cada país.

De acuerdo con la definición de la NOM-155-SCFI-2012, la leche es el producto obtenido de la secreción de las glándulas mamarias, sin calostro el cual debe ser sometido a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto. La leche de búfala es un producto totalmente natural que se puede consumir como cualquier otro tipo de leche. Es un producto rico en nutrimentos, caracterizándose por un mayor porcentaje de grasa, sólidos totales, proteínas, caseínas, contenido de lactosa y cenizas que la leche de otras especies (Ahmad *et al.*, 2013).

La calidad de la leche debe cuidarse desde el momento de realizar la ordeña, incluye que la leche sea nutritiva, que contenga todos los compuestos que hacen que aporte los nutrientes necesarios para prever una alimentación sana; tiene que ser higiénica, libre de microorganismos patógenos que puedan afectar la salud del consumidor; y debe ser agradable al paladar, es decir, que sus características organolépticas sean del agrado del consumidor (Ocanto *et al.*, 2014).

La calidad de la leche es la suma de características (nutritivas, composicionales, higiénicas, microbiológicas, sensoriales, entre otras) que permiten una mayor o menor satisfacción al consumidor. Cada una de estas cualidades puede revelarse por la medición de variables o parámetros concretos, tales como: la Calidad composicional (porcentaje de sólidos totales, de grasa, de proteínas, de lactosa, pH, acidez, densidad, punto de congelación, perfil de ácidos grasos) regulada en México por la NOM-155-SCFI-2012. Otro parámetro importante es la calidad sanitaria de la leche, que, en México está regulada por la NOM-243-SSA1-2010; en ella se especifican los valores de: carga bacteriana total, cuenta de coliformes, carga de células somáticas, presencia de inhibidores, presencia de adulterantes.

Por último, un aspecto importante a considerar es la calidad sensorial como: color, sabor, olor, apariencia, textura, entre otras. Estas características en la leche determinarán la aceptación o rechazo del consumidor (Villegas de Gante y Moreno, 2014).

2.10 Composición fisicoquímica de la leche de búfala

La leche de búfala se caracteriza por un mayor contenido de grasa, de sólidos totales y proteína, comparada con la leche de vaca, cabra o la humana, y valores menores a la leche de oveja (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición de la leche según la especie.

Especie	Grasa (%)	Proteína (%)	Sólidos totales (%)
Humana	3.75	1.63	12.57
Vaca	3.70	3.50	12.80
Búfalo de agua	7.45	3.78	16.77
Cabra	4.25	3.52	13.00
Oveja	7.90	5.23	19.29

Fuente: Miralles, (2003).

La composición fisicoquímica de la leche de búfala ha sido estudiada en países como Brasil, Argentina, Venezuela, Trinidad y Tobago, Cuba y Colombia. Los resultados de los distintos trabajos publicados sobre la composición de leche de búfala reflejan una gran variabilidad en sus características fisicoquímicas dentro de la misma raza y país. Entre los factores que pueden afectar la composición fisicoquímica de la leche de esta especie se consideran la alimentación, la raza, la etapa de lactancia, el número de partos y las condiciones ambientales (Hurtado-Lugo *et al.*, 2005; Patiño, 2011; Fundora, 2015).

Los valores medios de la composición fisicoquímica de la leche de búfala se encuentran en rangos de: densidad entre 1.031 y 1.034 g/ml; acidez titulable de 17.60 a 20.11 °Dornic; pH entre

6.66 y 6.75; sólidos totales de 16.31 a 17.49%; grasa de 6.37 a 7.34%; proteína de 3.93 a 4.42%; lactosa de 3.83 a 5.55% y cenizas entre 0.75 a 0.85% (Patiño, 2011).

La característica física con mayor variabilidad en la leche de búfala es la acidez titulable, incrementándose a medida que avanza las etapas de lactación (Briñez, 2000). Esta elevada acidez titulable que posee la leche bufalina en comparación con la bovina se debe a una mayor cantidad de caseína (Furtado, 1979). Entre los componentes químicos, los de mayor variabilidad son la grasa y los sólidos totales. El alto contenido en sólidos de la leche de búfala lo hacen ideal para su transformación en productos lácteos, ya que presenta mayores rendimientos (Dubey *et al.*, 1997).

2.11 Ácidos grasos en la leche de búfala y sus propiedades funcionales

Un ácido graso (AG) se define como una biomolécula formada por una cadena hidrocarbonada lineal, de diferente longitud o número de átomos de carbono, presentan un grupo funcional carboxilo (Mayes y Bender, 1988; Voet *et al.*, 2007). Los ácidos grasos se pueden clasificar en tres grupos según el grado de insaturación: los ácidos grasos saturados (SFAs) no poseen dobles enlaces, los ácidos grasos monoinsaturados (MUFAs) poseen un doble enlace y los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) poseen dos o más dobles enlaces. Por su configuración espacial, puede haber ácidos grasos *cis* o *trans* (Lichtenstein *et al.*, 2006; Murray *et al.*, 2013).

Existe un grupo de ácidos grasos esenciales, los cuales son necesarios para el crecimiento y desarrollo humano; entre sus funciones se encuentran el ser reguladores metabólicos en los sistemas cardiovascular, pulmonar, inmune, secretor y reproductor, el ser imprescindibles para preservar la funcionalidad de las membranas celulares y la participación en los procesos de transcripción genética (Carrillo-Fernández *et al.*, 2011).

El ácido linoleico (C18:2 n6 y derivados) y linolénico (C18:3 n3 y derivados) son ácidos grasos esenciales, debido a que son sintetizados por las plantas, pero no por los mamíferos. Deben, por lo tanto, ser aportados por la alimentación y juegan un rol de precursores para la síntesis de ácidos grasos poliinsaturados de cadena más larga e insaturados de la serie n-3 (omega 3) y n-6 (omega 6) respectivamente. Estos AG presentan propiedades reductoras del riesgo cardiovascular y también acción anti-cancerígena, además de actividad lipolítica, preventiva de la arteriosclerosis y la diabetes, los ácidos grasos Omega 6 son necesarios para el crecimiento y la reproducción, en tanto que, los Omega 3 son esenciales para las funciones del cerebro y la retina (Patiño *et al.*, 2010).

La modificación del perfil de los ácidos grasos de la leche bufalina por vía de la suplementación, puede incrementar las propiedades beneficiosas mencionadas. La dieta natural de los herbívoros (gramíneas y leguminosas), posee bajo tenor de lípidos y se sitúa entre 1-4% de la materia seca, las gramíneas de clima tropical poseen menores tenores de ácido linolénico, aproximadamente 50% de los ácidos grasos, comparadas con las de clima templado (Van Soest, 1994).

El perfil de ácidos grasos en la leche de búfala ha sido estudiada en diversos países como: Brasil, Italia, Bulgaria, Irán, Argentina, Colombia. Con el objetivo de disminuir los niveles de ácidos grasos saturados e incrementar los insaturados como oleico (C18:1 ω9), ruménico (cis-9, trans-11 C18:2), vaccénico (trans-11 C18:1) y α-linolénico (C18:3 ω3) en la leche y sus productos (Patiño *et al.*, 2017).

Patiño *et al.* (2008), reportaron el perfil de ácidos grasos en leche de búfala en pastoreo de la raza Murrah con una concentración de 56.91% de ácidos grasos saturados, 37.24% monoinsaturados y 5.84% poliinsaturados. Por su parte Bustamante *et al.* (2017) informa valores de 62.70 % saturados, 34.90 % monoinsaturados, 2.39% poliinsaturados. Estos mismos autores han reportado

un cambio en el perfil de ácidos grasos al proporcionar suplemento a los animales. Por ejemplo, Patiño *et al.* (2008), al suplementar con maíz obtuvieron 57.10% saturados, 36.92% monoinsaturados y 5.97% poliinsaturados, incrementándose la cantidad de ácidos grasos saturados. Por su parte Bustamante *et al.* (2017), al suplementar con torta y harina de palmiste informan un incremento en la relación de ácidos grasos saturados de 67.00%, y una disminución monoinsaturados y poliinsaturados de 30.70%, 2.26% respectivamente.

Patiño *et al.* (2017), al suplementar con una combinación de aceite de pescado y girasol, informaron que la concentración de ácidos grasos saturados se redujo en un 26%, por lo que, se produjo una leche con un perfil de AG más adecuada para el consumo humano, con menor contenido de SFAs y tenores elevados de AG insaturados (vaccénico, ruménico y α -linolénico). Estas investigaciones indican que la fuente lipídica en la suplementación tendrá un efecto positivo o negativo en la concentración de ácidos grasos saturados o insaturados, así como la presencia de ácidos grasos esenciales en la leche.

2.12 Importancia de los lácteos con propiedades funcionales

Los cambios en los patrones de alimentación de los humanos generaron una nueva área de desarrollo en las ciencias de los alimentos y de la nutrición, ahora se han generado conceptos como alimentos funcionales, nutracéuticos, alicamentos o farmalimentos, siendo los términos nutracéuticos o funcionales los más utilizados. A este tipo de alimentos se les define como cualquier alimento en forma natural o procesada, que además de sus componentes nutritivos y su calidad sensorial, contiene componentes adicionales que favorecen la salud, la capacidad física y el estado mental de las personas (Alvídrez-Morales *et al.*, 2002; Gagliostro, 2007; Rico *et al.*, 2007; Toral *et al.*, 2009).

Existe un reconocimiento de que algunos alimentos ejercen una acción preventiva a ciertas enfermedades del ser humano; las investigaciones actualmente se orientan hacia una obtención natural de los alimentos, entre estos se encuentra la leche (Gagliostro, 2007).

Estudios experimentales con animales de laboratorio y epidemiológicos en seres humanos, demostraron que la grasa de la leche contiene diversos compuestos con propiedades que favorecen la salud humana, uno de los más importantes es el Ácido Linoleico Conjugado (CLA) (Parodi, 1996).

El CLA es el término usado para describir uno o más isómeros posicionales y geométricos del ácido linoleico (cis-9, cis-12) conteniendo dobles ligaduras conjugadas. Tales ligaduras generalmente se encuentran en las posiciones 9 y 11, o 10 y 12, pudiendo ser de configuración *cis* o *trans*. El C18:2 c9 t11 y los omega-3 de cadena larga han mostrado tener capacidad anticancerígena, en ensayos *in vivo* e *in vitro*, porque ejercen un efecto directo en el desarrollo de tumores en las distintas fases y/o actúan en el sistema inmunitario del hospedador (Gammill *et al.*, 2010; Meraz-Torres y Hernandez-Sanchez, 2012).

Estudios en animales de experimentación y con cultivos celulares muestran que el CLA puede eliminar o disminuir el desarrollo de tumores inducidos químicamente en la glándula mamaria, piel y colon, si bien los posibles mecanismos específicos de inhibición de los distintos tumores son muy complejos (Lee *et al.*, 2005).

Para incrementar los valores de CLA en la leche de las búfalas en pastoreo se debe incorporar suplementación estratégica a base de aceites vegetales como girasol, soya o aceites de pescado a fin de obtener mayor concentración de CLA en leche. Muchos factores pueden influir en el incremento de CLA en leche de búfalas, como los factores estacionales y el número de

lactaciones, pero la dieta que reciben los animales es la que tiene mayor preponderancia (Patiño *et al.*, 2008; León *et al.*, 2011).

En ganado bufalino se han efectuado investigaciones en diversos países, registrándose los siguientes valores máximos de CLA en leche, según las dietas utilizadas: Argentina: 15.7 mg/g de grasa en pastoreos sobre pastizales naturales; Brasil: 11.0 mg/g de grasa en pastoreo sobre (*Brachiaria decumbens*); India: 17.0 mg/g de grasa en pastoreo sobre trébol (*Trifolium alexandrium*); Italia: 7.3 mg/g de grasa con sistemas orgánicos (pastoreo) y 5,5 mg/g de grasa con sistemas tradicionales; Pakistán: 8.0 mg/g de grasa con concentrados a base de silo de maíz (Sánchez y Patiño, 2011). En estas investigaciones se puede observar que los diferentes valores de CLA obtenidos en diversos países, fueron debidos a las dietas empleadas.

En conclusión, la leche y los productos lácteos como fuente de alimentos e ingredientes funcionales son ya una realidad y en muchos casos, hoy en día lo está consumiendo una cantidad de población importante, principalmente en países desarrollados.

2.13 Características organolépticas y análisis sensorial de la leche

Las características organolépticas son aquellos atributos de la leche, que se aprecian en forma simple y rápida con la ayuda de nuestros sentidos. Los atributos utilizados para describir la leche son: olor, color, sabor y apariencia (Gaona *et al.*, 2015).

Entre las características organolépticas que más destacan de la leche de búfala es su coloración blanca opaca provocada por la ausencia de pigmentos carotenoides. La ausencia de estos pigmentos proporciona una manteca blanca, cristalina y más consistente. La leche bufalina presenta un sabor más dulce y un aroma menos pronunciado que la leche de bovinos (Patiño, 2011).

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos, y deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido (Anzaldúa-Morales, 1994). La aceptación de los alimentos por los consumidores está muy relacionada con la percepción sensorial de los mismos, y es común que existan alimentos altamente nutritivos, pero que no son aceptados por los consumidores. De aquí parte la importancia del proceso de evaluación sensorial en los alimentos, siendo ésta, una técnica de medición tan importante, como los métodos químicos, físicos y microbiológicos (Olivas-Gastelum *et al.*, 2009).

La metodología para la evaluación sensorial de alimentos consiste en una serie de procedimientos que se encuentran normalizados, en los que se ha desarrollado y estandarizado una serie de pruebas sensoriales para evaluar las diferencias/semajanzas, preferencias, grado de aceptación, así como la intensidad de las características sensoriales (ISO 4120, (2004); AENOR, 1997).

Hay tres tipos de pruebas sensoriales (afectivas, discriminatorias y descriptivas) que se utilizan habitualmente, cada una con un objetivo diferente y cada uno usando los participantes seleccionados utilizando diferentes criterios (Braghierri *et al.*, 2015).

Las pruebas discriminativas son ampliamente utilizadas en la investigación y en la industria, en los procedimientos de control de calidad, en el estudio del impacto por cambios en la formulación o el proceso, así como en la habilidad de los consumidores para discriminar entre dos productos similares. El análisis se basa en las estadísticas de frecuencia y proporciones, contando las respuestas correctas e incorrectas (Stone y Sidel, 1993; Lee *et al.*, 2007).

Entre las pruebas discriminativas se encuentra la triangular. En esta prueba tres muestras se presentan simultáneamente a los panelistas, dos muestras son iguales y una es diferente, cada panelista debe indicar cuál es diferente. Esta prueba permite al investigador conocer si existe

diferencia perceptible entre dos productos sin tener que especificar la naturaleza de la posible diferencia (Sancho y Bota, 1999; Olivas-Gastelum *et al.*, 2009).

Los análisis descriptivos son útiles para obtener una especificación detallada de los atributos sensoriales de un producto o una comparación de las diferencias sensoriales entre varios productos. Estas técnicas son caras, los panelistas deben de ser entrenados para que la técnica sea consistente y reproducible. (Lawless y Heymann, 2010; Deliza y Abreu, 2011)

Entre los análisis descriptivos se encuentra el análisis descriptivo cuantitativo (ADQ), este método utiliza diseños experimentales y análisis estadísticos, esto asegura juicios independientes de los penalistas. La evaluación del producto la realizan distintos jueces de manera individual, en cabinas aisladas. Se utilizan prácticas sensoriales estándares tales como la codificación de las muestras, la iluminación de la cabina, etc. Se utiliza escalas de líneas gráficas no estructuradas ancladas a los extremos con palabras generadas por el panel para describir la intensidad de los atributos en una escala nominal. Los datos resultantes pueden ser analizados estadísticamente mediante análisis de varianza y las técnicas estadísticas multivariantes, la presentación de los datos, generalmente se hace mediante gráficas de telaraña (Stone y Sidel, 2004; Lawless y Heymann, 2010; Deliza y Abreu, 2011).

3. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis general

La suplementación a base de ensilado biológico de pez diablo como fuente de proteína modifica la producción, la composición fisicoquímica, las características sensoriales y el perfil de ácidos grasos en la leche de búfalas en pastoreo.

3.2 Hipótesis particulares

El suplemento a base de ensilado biológico del pez diablo como fuente de proteína modifica la producción de la leche de búfalas en pastoreo.

El suplemento a base de ensilado biológico del pez diablo como fuente de proteína modifica las características fisicoquímicas de la leche de búfalas en pastoreo.

El suplemento a base de ensilado biológico del pez diablo como fuente de proteína modifica las características sensoriales de la leche de búfalas en pastoreo.

El suplemento a base de ensilado biológico del pez diablo como fuente de proteína modifica el perfil de ácidos grasos de la leche de búfalas en pastoreo.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar la producción, composición fisicoquímica, las características sensoriales y perfil de ácidos grasos de la leche de búfalas alimentadas con un suplemento a base de ensilado biológico de pez diablo como fuente de proteína.

4.2 Objetivos particulares

Evaluar el efecto del ensilado biológico del pez diablo como fuente de proteína en la producción de la leche.

Evaluar el efecto del suplemento a base de ensilado biológico del pez diablo como fuente de proteína en las características fisicoquímicas.

Evaluar el efecto del suplemento a base de ensilado biológico del pez diablo como fuente de proteína en las características sensoriales de la leche de búfala.

Evaluar el efecto del suplemento a base de ensilado biológico del pez diablo como fuente de proteína en el perfil de ácidos grasos de la leche de búfala

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización geográfica del área de estudio

El trabajo se realizó en el Rancho “Sehualaca Bufalera”, Ejido de Sehualaca, Municipio de Hidalgotitlán, ubicado en la región Olmeca zona sur del estado de Veracruz, en las coordenadas 94° 35’38.8” Longitud Oeste, 17° 39’ 32” Latitud Norte (Figura 3).

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).

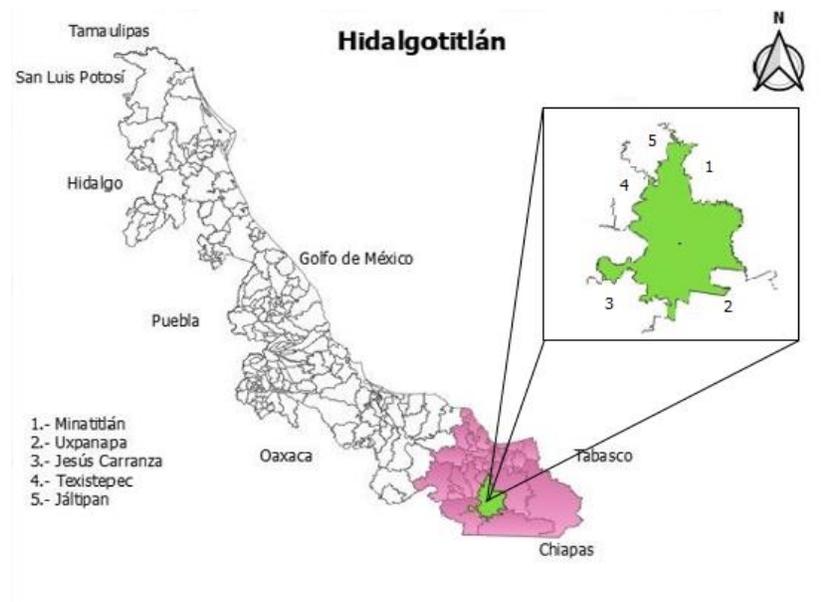


Figura 3. Localización del sitio experimental dentro del municipio de Hidalgotitlán.

5.2 Tratamiento 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: 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 biológico de pez diablo como ingrediente proteico (SP).

5.3 Elaboración de los suplementos

Antes de elaborar los suplementos se realizó un balance alimenticio de las búfalas pastando en pastizales dominados por (*Paspalum fasciculatum*) comunmente llamado camalote. Se tomaron muestras de la gramínea en su punto óptimo de reposo de acuerdo a la metodología propuesta por Pinheiro (2015) (Figura 4.A).

Se realizó el análisis bromatológico del pasto *Paspalum fasciculatum* (Figura 4.B) de acuerdo a la normativa: Humedad (NMX-F-083-1986), cenizas (NMX-F-066-S-1978) y se determinó el contenido de proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC, 2012). La energía metabolizable (EM) se calculó con la fórmula descrita por García-Trujillo (1983): $EM \text{ (Kcal/kg de MS)} = 37.28 \times \text{DMO} - 148.9$.



Figura 4. A) Toma de muestras de pasto en potrero; B) Análisis Bromatológico de *Paspalum fasciculatum*.

Se buscaron los requerimientos nutricionales de búfalas en lactancia para 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 al Cuadro 4.

Cuadro 4. Ingredientes y composición porcentual de los suplementos con pasta de soya (SS) y ensilado biológico de pez diablo (SP) como fuente proteica, 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 ⁻¹)	2.9	2.9

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

El procedimiento para elaborar el suplemento con ensilado biológico de pez diablo como fuente proteica inició con la preparación de un inóculo 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 (Figura 5).



Figura 5. Proceso de elaboración del inóculo microbiano.

Una vez elaborado el inóculo, se procedió a elaborar el ensilado biológico del pez. Los peces todavía frescos se lavaron con agua corriente y se eliminó las cabezas. Posteriormente, se trituraron en 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.

Se preparó 300 kg de una mezcla con 60 % de pez triturado, 20 % melaza y 20 % del inóculo microbiano. La mezcla se dejó fermentar en condiciones anaeróbicas, 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 CO₂ producido por los microorganismos durante el proceso de fermentación. La mezcla se agitó en las mañanas, durante los primeros 5 días (Figura 6).



Figura 6. Proceso de elaboración del ensilado biológico de pez diablo.

El ensilado biológico obtenido se mezcló con los otros ingredientes (Cuadro 4) 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 (Figura 7).



Figura 7. Proceso de elaboración del suplemento a base de ensilado biológico de pez diablo.

El suplemento con pasta de soya como ingrediente proteico (Cuadro 4) se elaboró de la misma forma descrita para el primer suplemento y se almacenó en costales de rafia con capacidad de 25kg (Figura 8).



Figura 8. Proceso de elaboración del suplemento a base de soya.

5.4 Procedimiento experimental

El experimento duró 26 d (16 d de adaptación a la dieta y 10 d de fase experimental), del 13 de febrero a 11 de marzo de 2019. Al inicio del periodo de adaptación, se les ofreció a las búfalas 2 kg (base seca) de cada suplemento y se fue incrementando hasta llegar a 3 kg de suplemento, lo cual sucedió en el día 16 de adaptación (Figura 9).



Figura 9. Pesaje de las raciones de suplementos para cada tratamiento.

Las búfalas se ordeñaron diariamente (7:00 - 10:00 h) de forma manual (Figura 11. A). 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 (Figura 10).

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 cerca eléctrica para la rotación de praderas, en las cuales predominaba el *Paspalum fasciculatum*.



Figura 10. A) Alimentación de las bufalas; B) Búfalas alimentadas con suplemento base soya; C) Búfalas alimentadas con suplemento base ensilado biológico de pez diablo.

Durante los 10 d de la fase experimental, se pesó el consumo del suplemento y la producción de leche de manera individual (Figura 11. B).

En el día ocho se tomó muestras de leche para la evaluación sensorial, el día nueve para los análisis fisicoquímicos y el día 10 para el perfil de ácidos grasos.



Figura 11. A) Ordeña manual de las búfalas; B) Pesaje de la producción de leche de cada búfala por tratamiento.

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 3 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 en condiciones similares a las muestras para el análisis sensorial y se transportaron al laboratorio de Producción Animal y Vegetal de la Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Pecuaria de la Universidad Veracruzana.

Para la determinación del perfil de ácidos grasos, se tomó muestras en tubos de 100 mL de forma individual para los tres tratamientos. Los tubos se colocaron en un termo en condiciones similares a las muestras para el análisis sensorial y se transportaron al laboratorio de Alimentos del Colegio de Postgraduados y se congelaron a -20°C para realizar posteriormente el perfil de ácidos grasos

5.5 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 (Milkotronic, Nova Zagora Bulgaria). Se colocó una alícuota de 50 mL de cada muestra en el Lactoscan siguiendo los procedimientos especificados por el fabricante (Figura 12).

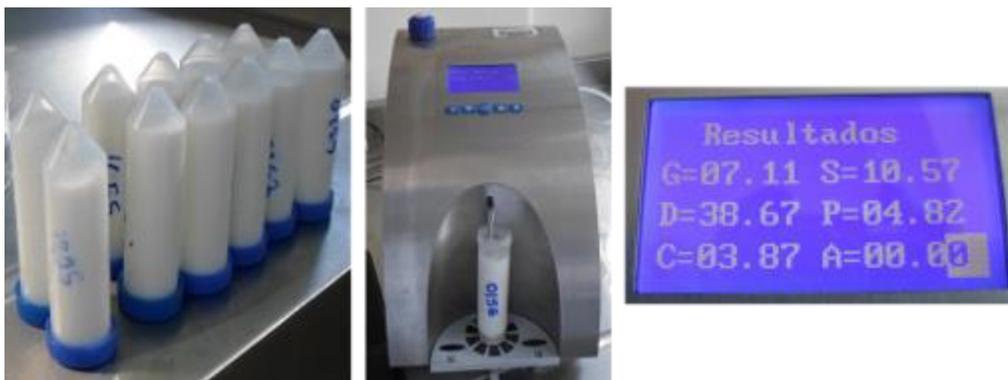


Figura 12. Proceso del análisis fisicoquímico de la leche de búfala con el Lactoscan MCC.

5.6 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 ± 2 °C). Las muestras fueron presentadas a los jueces aleatoriamente en vasos de vidrio codificados con tres números aleatorios. 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 (Figura 13). La prueba se realizó utilizando los procedimientos descritos en la norma 4120:2004 del sistema ISO (ISO, 2019).



Figura 13. Realización de la prueba triangular.

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 con tablas estadísticas de 5, 1, 0.1 % de nivel de significancia.

$$(\text{CHI})^2 = \left(\frac{(X_1 - np) - 0.5}{(np)(1-p)} \right)^2 \quad (\text{Ecuación 1})$$

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 (aparencia, olor, sabor y textura) en las muestras de cada tratamiento. La evaluación la realizaron cinco jueces previamente seleccionados y entrenados para identificar y cuantificar los descriptores en la leche. Los descriptores evaluados se muestran en el Cuadro 5 y fueron propuestos por Citalán *et al.* (2016).

Cuadro 5. Descriptores utilizados para describir el perfil sensorial de la leche de bufalas.

Descriptores	Definición	Términos ancla
<i>..... Apariencia</i>		
Apariencia	Relativo al color aspecto y consistencia característicos de la leche entera de vaca	
Color característico	Color opalescente, blanco o blanco amarillento característico de la leche entera de vaca	Pobre- óptimo
<i>..... Olor</i>		
Olor característico	Olor característico de la leche entera de vaca	
Olor	Olor no característico de la leche entera	
Olor herbal	Olor a hierba recién cortada	
Olor frutal	Olor a frutas	Nulo – intenso
Olor agrio o fermentado	Relacionado con un olor amargo, a queso y ligeramente butírico, parecido a vómito de bebé	
A pescado	Olor a pescado	
<i>..... Sabor</i>		
Sabor característico	Término general asociado a las notas propias de los productos lácteos elaborados con leche entera de vaca	Pobre - óptimo
A leche entera	Relacionado con el sabor a leche comercial envasada de vaca	Pobre - óptimo
A leche fresca	Relacionado con la leche fresca recién ordeñada de vaca	Pobre - óptimo
A crema de leche	Olor a crema fresca de leche	Nulo - intenso
Sabor extraño	Sabor no característico de la leche	Nulo - intenso
Sabor dulce	Relacionado con la sensación o gusto básico correspondiente a la sacarosa disuelta en agua	Nulo - intenso
A medicina	Sabor a producto químico	Nulo - intenso
Metálico	Sensación química en la lengua, asociada con el hierro, cobre y/o cucharas de plata	Nulo – intenso
Rancio	Sabor oxidado	Nulo - intenso
A falta de frescura	Sabor a “cartón” o asociado al material de envase. Relacionado con la impresión de que el producto ha absorbido olores y sabores de otros productos durante el almacenamiento	Nulo - intenso
Amargo	Gusto básico cuya referencia es la cafeína disuelta en agua. Relativo a notas asociadas a leche fermentada o proteínas descompuestas	Nulo - intenso
A heno o forraje	Sabor a ensilado, alfalfa seca, granos secos o alimento para ganado	Nulo - intenso
A leche cocida	Relativo a las notas de la leche hervida	Nulo - intenso
A grasa de leche	Aromáticos asociados con la grasa láctea	Nulo – intenso
A pescado	Sabor a pescado	Nulo - intenso
<i>..... Textura en la boca</i>		
Consistencia	Relacionada con el movimiento y del producto sobre la lengua y la percepción en la boca como resultado del contenido de grasa y sólidos disueltos	Pobre - óptima
Consistencia espesa	Relacionada con la percepción de un alto contenido de grasa y sólidos disueltos que disminuye la fluidez del producto sobre la lengua y en la boca	Nula - extrema
Consistencia fluida o acuosa	Relacionada con una mayor fluidez o movimiento del producto en la boca como resultados de una consistencia aguada y desabrida producto de un menor contenido de sólidos disueltos y grasa en el producto	Nula - extrema

Para la prueba descriptiva se sirvieron muestras de 40 mL en vasos de vidrio codificados con tres números aleatorios. 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 (Cuadro 5).

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.

5.7 Perfil de ácidos grasos

5.7.1 Extracción de la grasa en la leche

Para determinar el perfil de ácidos grasos en leche de búfala se realizó la extracción de grasa mediante la técnica establecida por Moubry y citado por Frank *et al.* (1975). Primero se midió 50 mL de leche y se transfirió a un matraz volumétrico de 125 mL. De igual forma, se midió 50 mL de solución detergente y se vació en el matraz volumétrico que contiene la leche. Se colocó el matraz a baño maría a 90°C por 15 minutos, hasta que se observó la separación de la grasa en el cuello del matraz.

Se colocó papel filtro en el embudo de vidrio y se agregaron 2 cucharaditas de sulfato de sodio anhídrido y se colocó en el tubo de ensayo. Se sacó el matraz de baño María y se extrajo la grasa con una micropipeta, adicionándola sobre el embudo para filtrarla. Se colocó a la estufa a 40°C hasta completar la filtración. Por último, la grasa se colocó en eppendorf y se taparon con papel aluminio en congelación a -20°C para su posterior análisis (Figura 14).



Figura 14. Extracción de la grasa de la leche de búfala.

5.7.2 Esterificación de los ácidos grasos en la leche

La esterificación se realizó por medio de la técnica de Pardal (2012). Se pesó una muestra de 400 mg de grasa, se le agregaron 4 ml de hexano, se agitó hasta disolver la grasa, posteriormente se agregaron 200 μ L de solución saturada de KOH 2M (en metanol). Se agitó y se dejó reposar por 30 minutos a 4°C. Se centrifugó a 5000 rpm durante 5 minutos y se recuperó la fase superior por medio de una micro pipeta (Figura 15).



Figura 15. Esterificación de la grasa de la leche de búfala.

5.7.3 Lectura del perfil de ácidos grasos en leche

La muestra recuperada de la esterificación se inyectó en un cromatógrafo de gases modelo 78900B GC SYSTEM (Agilent, Santa Clara, U.S.A), equipado con un detector de ionización

capilar autónomo. Para la separación de los ácidos grasos se usó una columna HP-88, de 100 m x 0.250 mm x 0.20 μ m de grosor de película (Agilent, Santa Clara, U.S.A).

La separación se realizó mediante una rampa de temperatura (temperatura inicial de 50°C, 1°C/min hasta 160°C, 20 min a 198°C, 1°C/min hasta 230°C, 15°C/min, con interfase de 250° C). Se utilizó helio como gas transportador y la inyección se hizo en modo “split” (relación 1:50).

Los metil-ésteres de los ácidos grasos se identificaron por comparación con los tiempos de retención de una mezcla estándar de ácidos grasos (Supelco 37 component FAME Mix, Inc., Bellefonte, PA, USA). Cada ácido graso se reportó como porcentaje del total de ácidos grasos identificados en cada muestra analizada (Figura 16).

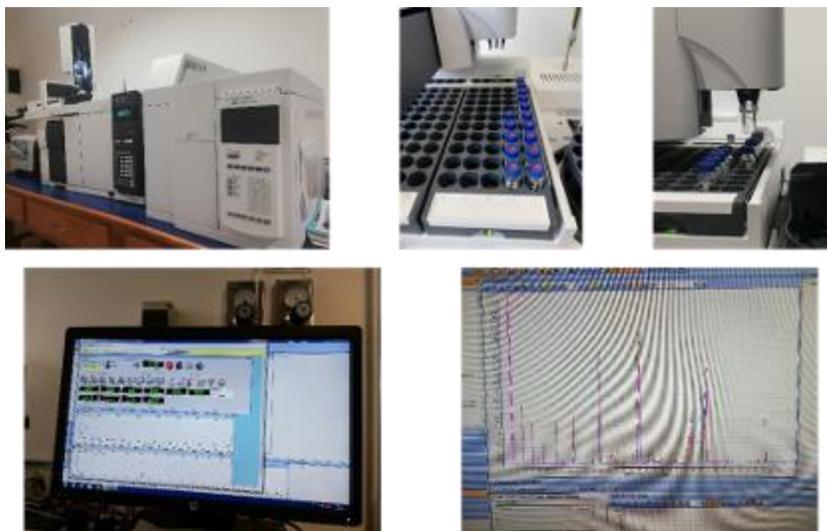


Figura 16. Lectura del perfil de ácidos grasos de la leche de búfala, mediante cromatografía de gases masas.

5.8 Análisis Estadístico

Para la producción de leche se utilizó el procedimiento PROC MIXED del software SAS (SAS 9.4, 2014, SAS Incorporation Institute, Cary, N. J., USA). Las características fisicoquímicas, el perfil de ácidos grasos y de la prueba descriptiva de la evaluación sensorial, se analizaron mediante el procedimiento PROC ANOVA, SAS. Asimismo, se realizó una prueba de

comparación de medias de Tukey para identificar las diferencias observadas entre tratamientos. Todos los análisis se realizaron con un nivel de significancia de 0.05 en el programa estadístico SAS (SAS 9.4, 2014, SAS Incorporation Institute, Cary, N. J., USA).

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.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Producción y características fisicoquímicas de la leche

La suplementación con pez diablo, aumentó la cantidad de leche producida por las búfalas en pastoreo ($p < 0.001$; Cuadro 6), sin embargo, la fuente protéica utilizada en los suplementos no varió la cantidad de leche producida porque la producción de las búfalas con SS y SP fue similar ($p > 0.001$).

Cuadro 6. 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 biológico de pez diablo (SP) como fuente proteica.

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

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

La producción de leche estuvo por abajo del nivel de producción para el cual se elaboraron los suplementos (10 kg d⁻¹ y 6 % de grasa). Esta diferencia pudo estar definida por la genética de las bufalas, al respecto, Hurtado-Lugo *et al.* (2005) y Fundora (2015), indican que la raza Bufalipso tienen un potencial productivo de 5 kg animal⁻¹ d, no obstante, la producción aumentó hasta 1.5 kg d⁻¹ cuando se suplementó. Estos resultados coinciden a los de otros autores que han encontrado un aumento en la producción de leche por efecto de la suplementación (García *et al.*, 2004; Narang *et al.*, 2012; Mir *et al.*, 2015; Bustamante *et al.*, 2016). Se ha reportado que la suplementación proteica promueve un aumento en la producción de leche (Ojha *et al.*, 2017), así mismo, el aumento en la ingesta de energía mediante la suplementación puede tener un papel muy importante en la producción. Primeramente, la suplementación aumenta la ingesta de energía, lo que permite revertir cualquier balance energético negativo; por lo tanto, las bufalas destinan la energía excedente a producir más leche (Shekhar *et al.*, 2010; Narang *et al.*, 2012).

En otras investigaciones se ha observado que la cantidad de leche producida se relaciona con el incremento o disolución del contenido de acidez, grasa o proteína. Si la producción de leche disminuye, la concentración de proteína, grasa, sólidos totales y acidez se incrementa. Por el contrario, si la producción aumenta, la concentración de estas variables disminuye (Faria *et al.*, 2002). Es interesante mencionar que, el incremento en la producción de leche de las búfalas suplementadas con SS y SP, no afectaron las propiedades fisicoquímicas de la leche, lo cual es positivo para la producción de queso.

Los valores en las variables fisicoquímicas encontrados en esta investigación, no mostraron diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ($p > 0.05$; Cuadro 6); en su mayoría, son semejantes a valores reportados en otras investigaciones para búfalos de la misma raza (García *et al.*, 2004; Hurtado-Lugo *et al.*, 2005; Fundora, 2015), y de otras razas (Hofi *et al.*, 1966;

Capdevilla *et al.*, 2001; Patiño, 2004, Patiño y Guanzioli, 2005; Navarro *et al.*, 2011; Patiño, 2011). No obstante, el pH, sólidos no grasos y la proteína son ligeramente mayores a los reportados en otros estudios (Capdevilla *et al.*, 2001; García *et al.*, 2004; Patiño, 2004; Hurtado-Lugo *et al.*, 2005; Cervantes *et al.*, 2010; Ahmed *et al.*, 2016; Bustamante *et al.*, 2016; Ocampo *et al.*, 2016; Santillo *et al.*, 2016; Mayilathal *et al.*, 2017; Naveed-ul-Haque *et al.*, 2018), y esto 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.

6.2 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 (Cuadro 7).

Cuadro 7. 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 biológico 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)

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 (Cuadro 8). El resto de los descriptores evaluados en las muestras de leche de los diferentes tratamientos no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$; Figura 17).

Cuadro 8. 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 soya (SS) o ensilado biológico de pez diablo (SP) como fuente proteica.

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

^{a,b} Medias con diferentes literales en la misma columna indican diferencia estadística ($p < 0.05$).

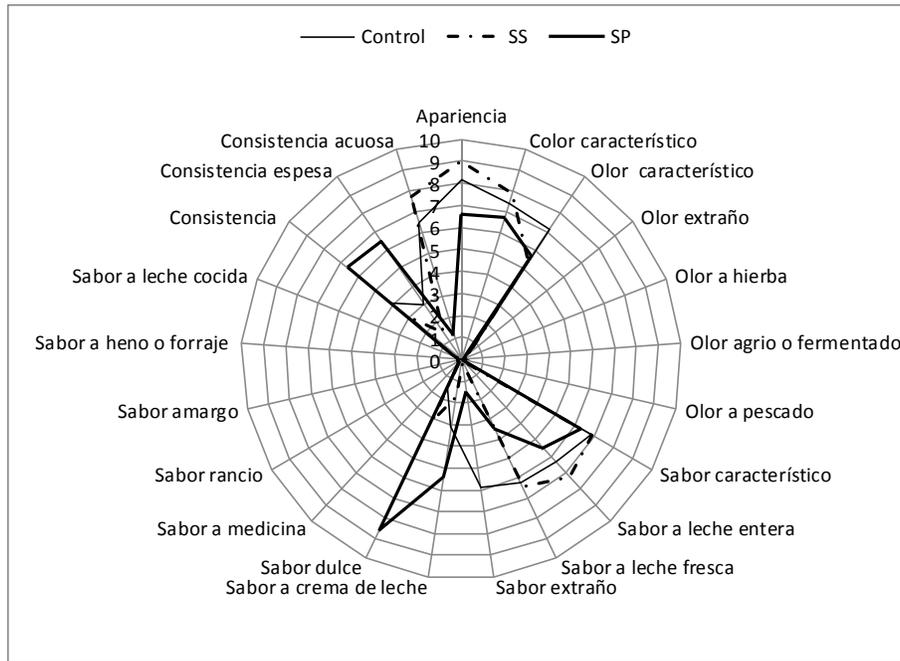


Figura 17. Perfil sensorial de la leche de búfalas en pastoreo (control) y suplementadas con un alimento que contenía pasta de soya (SS) o ensilado biológico de pez diablo (SP) como fuente proteica.

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) atribuyen esto 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, debido a que, en última instancia, el sentido humano y el paladar es más sensible y capaz de captar sensaciones complejas mucho más eficaz que cualquier tecnología desarrollada (Schiano *et al.*, 2017).

Martin *et al.* (2005) mencionan que los productos lácteos producidos en pastoreo tienen una intensidad más alta de color amarillo característica de la grasa en leche. Sin embargo, la leche de búfala no contiene β -caroteno, por lo que 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.

En el descriptor sabor, la leche de las búfalas suplementadas con SP mostro 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 bufalas en solo pastoreo. Esto significa que la suplementación con SS y SP no confiere ningún sabor extraño al sabor 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).

En el descriptor “sabor a crema de leche” los jueces identifican una mayor intensidad en la leche del tratamiento SP. La cremosidad es un atributo deseable para los consumidores de productos lácteos, está estrechamente relacionada 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. En este caso, el sabor dulce de la leche del tratamiento con SP puede relacionarse con un cambio en la composición de ácidos grasos, el contenido de azúcares o en la cantidad de compuestos volátiles, debido a la suplementación con ensilado biológico de *Pterygoplichthys* sp. En este sentido, es importante seguir estudiando la relación de estos compuestos con la suplementación mencionada, resaltando que dicho atributo resultó ser atractivo en el producto. Cabe indicar que una mayor intensidad de sabor dulce, fue observado previamente por Castillo (2018) en leche de vacas suplementadas con ensilado biológico 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 biológico de pez diablo, que pudieran dar origen a dicho sabor, tanto en la leche de búfala como en la leche de vaca.

La leche de búfalas con SP fue calificada por los jueces con una consistencia más espesa y 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 biológico de pez diablo como fuente de proteína, no indujo efectos negativos o características sensoriales indeseables en las muestras de leche de búfala.

6.5 Ácidos grasos de la leche de búfala

La composición de ácidos grasos (AG) en la leche de búfalas alimentadas con solo pasto (Control) fue de 67.72% de AG saturados (SFAs) y 32.3% de AG insaturados (30.13% de AG monoinsaturados (MUFAs); 2.17% AG poliinsaturados (PUFAs)). En la leche de las búfalas alimentadas con suplemento con pasta de soya (SS) como fuente de proteína, los resultados señalaron que el 68.05% de SFAs y el 31.95% de AG insaturados (29.54% MUFAs; 2.41% PUFAs). En la leche de las búfalas alimentadas con suplemento con ensilado biológico de pez diablo como fuente de proteína (SP), se obtuvo que el 66.41% de SFAs y 33.59% de AG insaturados (31.32% MUFAs; 2.27% PUFAs) (Cuadro 9).

En otras investigaciones se ha informado que el perfil de ácidos grasos de la leche de búfala alimentadas en solo pastoreo presenta menor porcentaje de SFAs y mayor porcentaje de AG insaturados en relación a esta investigación (Patiño *et al.*, 2008; Bustamante *et al.*, 2017; Patiño *et al.*, 2017). Caso contrario a lo informado por Santillo *et al.*, (2016), donde, reporta valores

superiores en SFAs y menores en AG insaturados, en comparación a la presente investigación. Los valores de AG obtenidos en este estudio se encuentran dentro del rango para leche de búfala y las diferencias observadas se pueden atribuir a la raza, al tipo de pastura, condiciones ambientales, entre otras.

El perfil de ácidos grasos en esta investigación se modificó por efecto de suplementar con ensilado biológico de pez diablo como fuente de proteína, al disminuir en un 1.31% los SFAs y aumentar en 1.29% los AG insaturados. Estos resultados concuerdan con otras investigaciones, que informan una reducción en el contenido de SFAs en la leche, luego de ser suplementadas con diferentes fuentes de lípidos (Fernandes *et al.*, 2007; Kathirvelan y Tyagi, 2009; Oliveira *et al.*, 2009; Santillo *et al.*, 2016; Patiño *et al.*, 2017)

El perfil de ácidos grasos mostró diferencia ($p < 0.05$) en los SFAs (pentadecanoico y lignocérico) y en los PUFAs (α -linolénico, CLA t-10, c-12, Ácido dihomo-gamma-linolénico, DHA). No se encontró diferencia en los MUFAs ($p > 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 9).

La relación de ácidos grasos omega 6: omega 3 en el grupo control y las suplementadas con SP fue similar con valores de 1.60:1 y 1.78:1 respectivamente. Similares a lo informado por Patiño *et al.* (2012), en leche de búfalas suplementadas con aceite de pescado con una relación de 1.37:1.

Cuadro 9. Composición porcentual (g.100g⁻¹) de ácidos grasos en leche de búfalas en pastoreo (Control) y suplementadas con un alimento que contenía pasta de soya (SS) y ensilado biológico de pez diablo (SP) como fuente proteica.

Ácidos grasos	Abreviación	Control	SS	SP
..... <i>Saturados</i>				
Butírico	C4:0	2.08 ^a	2.33 ^a	2.11 ^a
Caproico	C6:0	1.32 ^a	1.43 ^a	1.24 ^a
Caprílico	C8:0	0.69 ^a	0.80 ^a	0.65 ^a
Cáprico	C10:0	1.26 ^a	1.69 ^a	1.29 ^a
Láurico	C12:0	1.94 ^a	2.36 ^a	1.95 ^a
Mirístico	C14:0	9.98 ^a	10.89 ^a	8.81 ^a
Pentadecanoico	C15:0	1.77 ^a	1.19 ^b	1.42 ^b
Palmitico	C16:0	31.68 ^a	34.53 ^a	34.81 ^a
Margárico	C17:0	1.02 ^a	0.85 ^a	0.83 ^a
Esteárico	C18:0	15.47 ^a	11.49 ^a	12.74 ^a
Araquídico	C20:0	0.38 ^a	0.39 ^a	0.37 ^a
Behénico	C22:0	0.07 ^a	0.06 ^a	0.11 ^a
Lignocérico	C24:0	0.05 ^{ab}	0.04 ^a	0.08 ^b
..... <i>Monoinsaturados</i>				
Miristoléico	C14:1	0.79 ^a	0.79 ^a	0.81 ^a
Palmitoléico	C16:1	1.22 ^a	1.56 ^a	1.61 ^a
Margaroléico	C17:1	0.40 ^a	0.44 ^a	0.40 ^a
Vaccénico t-11	C18:1	4.70 ^a	4.50 ^a	5.84 ^a
Oléico	C18:1 ω9	23.02 ^a	22.25 ^a	22.65 ^a
..... <i>Poliinsaturados</i>				
Linoléico	C18:2 ω6	0.71 ^a	1.01 ^a	0.73 ^a
α-linolénico	C18:3 ω3	0.42 ^a	0.28 ^b	0.35 ^{ab}
CLA c-9,t-11	C18:2	0.90 ^a	0.91 ^a	0.93 ^a
CLA t-10,c-12	C18:2	0.00 ^a	0.03 ^b	0.05 ^c
Ácido dihomo-gamma-linolénico	C20:3 ω6	0.02 ^a	0.03 ^{ab}	0.05 ^b
Ac. Araquidónico	C20:4 ω6	0.04 ^a	0.04 ^a	0.04 ^a
Eicosapentaenoico (EPA)	C20:5 ω3	0.02 ^a	0.04 ^a	0.05 ^a
Docosahexaenoico (DHA)	C22:6 ω3	0.04 ^a	0.07 ^b	0.07 ^b
Porcentaje total de ácidos grasos	-----	100	100	100
Saturados	Sfas	67.72	68.05	66.41
Monoinsaturados	Mufas	30.13	29.54	31.32
Poliinsaturados	Pufas	2.15	2.41	2.27
Total Omega 6	n - 6	0.77	1.09	0.82
Total Omega 3	n - 3	0.48	0.39	0.47
Relación Omega 6/ Omega 3	6/3	1.60	2.79	1.78

^{a, b} Medias con diferentes literales en la misma columna indican diferencia estadística (p <0.05).

7. CONCLUSIONES

La suplementación con ensilado biológico de pez diablo incrementa 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, si 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 biológico de pez diablo. La inclusión de ensilado biológico 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. La suplementación con ensilado biológico de pez diablo modifica el perfil de ácidos grasos de la leche de búfalas en pastoreo, disminuye en un 1.31% los SFAs y aumenta en 1.29% los AG insaturados.

8. LITERATURA CITADA

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación).1997. Análisis Sensorial. Tomo 1: Alimentación. Recopilación de normas UNE. AENOR, Madrid, España. 253 p.
- 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/eab3cb61e93b96a0ce7316c120ddfe53b4f4.pdf>
- Ahmed, S., Gohar, M., Khaliq, A., Ahmad, N., Shahzad, F., Rahman, A., Khan, M. I. 2016. Effect of Supplementation of Rumen Protected Lysine and Methionine on Production Performance, Milk and Blood Parameters of Early Lactating Nili-Ravi Buffaloes. *Pakistan Journal of Zoology*. 48(2):359-363. <https://pdfs.semanticscholar.org/d639/9abed0b51086357827790ffc3e2bd31eee0d.pdf>
- Almaguer, P., Y. 2007. El búfalo, una opción de la ganadería. *Revista Electrónica Veterinaria* 8(8): 1-23. http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/razas_de_bufalos/99-opcion.pdf
- Al-Mal-Marzooqi, W., Al-Farsi, M. A., Kadim, I. T., Mahgoub, O., Goddard, J. S. 2010. The effect of feeding different levels of sardine fish silage on broiler performance, meat quality and sensory characteristics under closed and open-sided housing systems. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 23(12): 1614-1625. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.10119>
- Altieri, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 74(1-3): 19-31. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6)

- Altieri, M. A., y Toledo, V. M. 2011. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*. 38(3): 587-612. <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>
- Alvídrez-Morales, A., González-Martínez, B. E., Jiménez-Salas, Z. 2002. Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. *Revista salud pública y Nutrición*. 3(3). <https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2002/spn023g.pdf>
- Anzaldúa-Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza, España: Ed Acribia. 198 p.
- AOAC. 2012. Official Methods of Analysis. 19th Ed. Off. Agric. Chem. Washington, D.C., U.S.A.
- Armbruster, J. 1997. Phylogenetic relationships of the sucker-mouth armored catfishes (Loricariidae) with particular emphasis on the Ancistrinae, Hypostominae, and Neoplecostominae. (Unpubl. Ph.D. dissertation). University of Illinois en Urbana-Champaign.
- Armbruster, J. W. 2004 Phylogenetic relationships of the suckermouth armored catfishes (Loricariidae) with emphasis on the Hypostominae and the Ancistrinae. *Zoological Journal of the Linnean Society* 141(1):1-80. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2004.00109.x>
- Bartocci, S., Terramocchia, S., Puppo, S. 2005. New acquisitions on the digestive physiology of the Mediterranean buffalo in Buffalo production and research. Roma Italy. REU technical series 67: 161-172. <http://www.fao.org/3/a-ah847e.pdf>
- Batista, I. 1999. Recovery of proteins from fish waste products by alkaline extraction. *European Food Research and Technology*. 210(2): 84-89. <https://doi.org/10.1007/s002170050539>

- Bello, R., Cardillo, E., Martínez, R. 1993. Estudio sobre la elaboración de ensilado microbiano a partir de pescado eviscerado. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 43(3): 221-227.
- Bernard, L., Leroux, C., Rouel, J., Delavaud, C., Shingfield, K. J., Chilliard, Y. 2015. Effect of extruded linseeds alone or in combination with fish oil on intake, milk production, plasma metabolite concentrations and milk fatty acid composition in lactating goats. *Animal*. 9(5): 810-821. <https://doi.org/10.1017/S1751731114003048>
- Bertullo, E. 1994. Desarrollo del ensilado de pescado en América latina. En tercera consulta de expertos sobre tecnología de productos pesqueros en América Latina, Isla Margarita: 118-20 p.
- 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>
- Braghieri, A., Piazzolla, N., Romaniello, A., Paladino, F., Ricciardi, A., Napolitano, F. 2015. Effect of adjuncts on sensory properties and consumer liking of Scamorza cheese. *Journal of Dairy Science*. 98(3): 1479-1491. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8555>
- Briñez, W. 2000. Características microbiológicas de la leche de búfala. *Anales I Simposium Internacional de Búfalos, Maracaibo, Venezuela*. 31-45 p.
- 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>
- Campanile, G., Neglia, G., Di Palo, R., Gasparini, B., Pacelli, C., Michael, J. D., Zicarelli, L. 2006. Relationship of body condition score and blood urea and ammonia to pregnancy in

- Italian Mediterranean buffaloes. *Reproduction Nutrition Development*. 46(1): 57-62.
<https://doi.org/10.1051/rnd:2005066>
- Capdevilla, J., Zaldivar, V., Ponce, P., Martinez, I. 2001. Physical-chemical characterization of buffalo milk mixtures from Cuba: The effects of month and season. In *Proceedings of VI World Buffalo Congress*. 384-391.
- Carrillo-Fernández, L. C., Dalmau-Serra, J., Martínez-Álvarez, J. R., Solá-Alberich, R., Pérez-Jiménez, F. 2011. Grasas de la dieta y salud cardiovascular. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis*. 23: 1-36. [https://doi.org/10.1016/S0214-9168\(11\)70001-8](https://doi.org/10.1016/S0214-9168(11)70001-8)
- Casanova, L., Martínez, J., López, S., López, G. 2016. De von Bertalanffy a Luhmann: Deconstrucción del concepto “agroecosistema” a través de las generaciones sistémicas. *Revista Mad. Revista del Magíster en Análisis Sistémico Aplicado a la Sociedad*. 35: 60-74. <https://www.redalyc.org/pdf/3112/311246905005.pdf>
- Casanova-Pérez, L., Martínez-Dávila, J. P., López-Ortiz, S., Landeros-Sánchez, C., López-Romero, G., & Peña-Olvera, B. 2015. El agroecosistema comprendido desde la teoría de sistemas sociales autopoieticos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(4): 855-865. <http://ref.scielo.org/n952rj>
- 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*.
- Catillo, G., Macciotta, N. P. P., Carretta, A., Cappio-Borlino, A. 2002. Effects of age and calving season on lactation curves of milk production traits in Italian water buffaloes. *Journal of Dairy Science*. 85(5): 1298-1306. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74194-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74194-5)
- Cervantes, A. E., Espitia, P. A., Manrique, E. P. 2010. Viabilidad de los sistemas bufalinos en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 2(1):215-224. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3268865>

- Chupin, D. 1993. Efectos del medio ambiente sobre el Búfalo. En: Influencia del clima en la cría del ganado. Revista Mundial de Zootecnia. FAO.
- Cira, L. A., Huerta, S., Hall, G. M., Shirai, K. 2002. Pilot scale lactic acid fermentation of shrimp wastes for chitin recovery. Process Biochemistry. 37(12): 1359-1366. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(02\)00008-0](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(02)00008-0)
- Citalán, C. L. H., Ramos, J. J. A., Salinas H. R., Bucio, G. A., Osorio, A. M. M., Herrera, H. J. G., Orantes, Z. 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>
- Córdova, E., y Bello, R. 1986. Procesamiento y evaluación de ensilado de pescado a partir de la fauna de acompañamiento del camarón. Archivos latinoamericanos de la nutrición. 36(3): 522-35.
- Dass, R. S., Verma, A. K., Mehra, U. R. 1996. Effect of feeding urea molasses liquid diet on nutrient utilisation, rumen fermentation pattern and blood profile in adult male buffaloes. Buffalo Journal. 12: 11-22.
- De la Roza, B. 2005. El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de Alimentación Animal. Laboratorio de Mourisca de Lalín (Pontevedra). 1-20. http://www.mouriscade.com/doc_ponencia/oct2005/ensilado_zonas_humedas_e_indicadores_calidad.pdf
- Deliza, R., and M. B. Abreu. 2011. Sensory perception. In: Sensory analysis of foods of animal origin. Edited By Nollet, L. M., y Toldrá, F. Taylor and Francis Group, LLC. pp: 62-82.
- Dhulipalla, S. K., Swarna, V., Konka, R. K. 2013. Effect of Supplementation of Milk Dhara on Milk Yield and Milk Composition in Graded Murrah Buffaloes. Journal of Advanced

- Dubey, P. C., Suman, C. L., Sanyal, M. K., Pandey, H. S., Saxena, M. M., Yadav, P. L. 1997. Factors affecting composition of milk of buffaloes. *The Indian Journal of Animal Sciences*. 67(9): 802-804.
- El-Nenaey, M., Soheir, H., Fawzy, A., & Khattab, R. M. 1996. Effect of Vitamine E and Selenium Supplementation on Productive and Reproductive Performance of Egyptian Buffaloes. In *International Symposium on Buffalo Resources and Production Systems*. 14-17 pp.
- Escalera, C., Arroyo, M., Moncayo, R. & Zarazúa, J. 2012. Pesquería sustentable y desarrollo local. Uso y aprovechamiento potencial del Pez Diablo. *Desarrollo Local y Empresas*. Ed. Panorama. Los Mochis, Sinaloa, México. 39-58 pp.
https://www.researchgate.net/profile/Alejandro_Ortega_Hernandez/publication/260312426_Desarrollo_Local_y_Empresa/links/5408e21a0cf2718acd3cf8f2/Desarrollo-Local-y-Empresa.pdf#page=39
- 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>
- FAO (Organización de las Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2010. FAOSTAT. Agriculture Database. Fecha de consulta: 25 de agosto de 2019. <http://apps.fao.org/page/collections?Subsety=agriculture>
- FAO (Organización de las Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. Agronoticias: Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe. Fecha de consulta: 25 de agosto de 2019. <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/507240/>

- FAO (Organización de las Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2017. El futuro de la alimentación y la agricultura, tendencias y desafíos. Fecha de consulta: 23 de agosto de 2019. <http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf>
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics). 2017. Fecha de consulta: 25 de agosto de 2019. <http://www.fao.org/faostat/es/?#data/QL>
- Faria, M. H., Tohati, H., Ceron-Muñoz, M., Duarte, J.M.C., Vasconcelos, B.F. 2002. Características Físico-Químicas do Leite de Búfalas ao Longo da Lactação. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes. 57(4):3-7.
- Fernandes, S. A. A., Mattos, W. R. S., Matarazzo, S. V., Tonhati, H., Gama, M. A. S., Lanna, D. P. D. 2007. Total fatty acids in Murrah buffaloes milk on commercial farms in Brazil. Italian Journal of Animal Science. 6(2): 1063-1066. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.1063>
- Ferraz de Arruda, L. 2004. Aproveitamento do resíduo do beneficiamento da tilapia do nilo (*Oreochromis niloticus*) para obtenciao de silagem eoleo como subproductos. Tesis de maestría en Ciencias del area de ciencia y Tecnología de alimentos. Escuela superior de agricultura Luiz de Queiroz, Universidad de Sao Paulo.
- 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>
- Frank, R., Smith, E. H., Braun, H. E., Holdrinet, M., McWade, J. W. 1975. Organochlorine insecticides and industrial pollutants in the milk supply of the southern region of Ontario, Canada. Journal of Milk and Food Technology. 38(2): 65-72. <https://doi.org/10.4315/0022-2747-38.2.65>

- 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>
- Furtado, M. M. 1979. Leite de bufala: características e fabricacao de queijos. Juiz de Fora, EPAMIG, Minas Gerais, 60 p.
- Gagliostro, G. A. 2007. Producción de lácteos con alto impacto sobre la salud humana. *Tecnología Láctea Latinoamericana*. 45: 56-63. Bs.As.
- Gagliostro, G. A., Rodriguez, A., Pellegrini, P., Musset, G., Gatti, P., Castañeda, R., D.A. Garcarena, M. Oporto, H.H. Fernández, A. Ferlay, and Y. Chilliard. 2006. Effects of sunflower oil or seeds combined or not with fish oil on conjugated linoleic acid in milk fat from grazing dairy cows. *Revista Argentina de Producción Animal*. 26(1): 99-100.
- Gammill, W., Proctor, A., Jain, V. 2010. Comparative study of high-linoleic acid vegetable oils for the production of conjugated linoleic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58(5): 2952-2957. <https://doi.org/10.1021/jf9020027>
- Gaona, R. C., Terranova, M. V., Hernández, E., Alegría, K. G., Benavides, R. M., Guerrero, H. S., Castro, D. C., Patiño, L. G. 2015. El mejoramiento genético y la producción de leche. La esencia de una realidad de producción animal. *Acta Agronómica*. 64(3): 296-306. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n3sup.50263>

- 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>
- García, L. R., Fundora, R., González, M.E., González, M. R. 2004. Efecto de la alimentación pre-parto 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-Trujillo, R. 1983. Estudio en la aplicación de sistemas de expresión del valor nutritivo de los forrajes en Cuba y método de racionamiento. Tesis de Doctor en Ciencias. Instituto de Ciencia Animal, Habana, Cuba.
- Gliessman, S. 1990. Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture. In Agroecology. 78: 3-10. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3252-0_1
- Gliessman, S. 2005. Sin la agroecología no se puede concebir un desarrollo sostenible. Sustrai. 71: 4-9.
- Guevara, Y. J., Yepes, W., Ramos, S. M., Ramírez, N. P. 2009. Búfalo de Agua. Universidad de Córdoba. www.monografias.com/trabajospdf2/bufalo-agua/bufalo-agua.pdf
- Guillén-Sánchez, E. J., Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sánchez, M. E., Scheuren-Acevedo, S. M., Carvallo-Ruiz, M. G., Navarro-García, G., Ramírez-Suarez, J. C. 2015. Partial characterization of loricariid catfish (*Pterygoplichthys disjunctivus*, weber, 1991) roe/caracterización parcial de huevo de pez armado (*Pterygoplichthys disjunctivus*, weber, 1991). Biotecnia 17(3): 15-21. <http://dx.doi.org/10.18633/bt.v17i3.214>
- 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>
- Habib, G., Chufanullan, W., Shah, B.A., Vale, W.G., Bernabé, U.H. & Mattos, J.L.A. 1994. Potential of molasses urea block as a supplementary strategy for improving productivity in buffaloes fed poor quality roughage. *Proc. 4th World Buffalo Congress*. 227 p.
- Hayashi, Y., Shah, S., Shah, S. K., Kumagai, H. 2005. Dairy production and nutritional status of lactating buffalo and cattle in small-scale farms in Terai, Nepal. *Livestock Research for Rural Development*. 17(6): 65-74. <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd17/7/haya17075.htm>
- Hernández, E. (1977). El agroecosistema: Concepto central en el análisis de la enseñanza, la investigación y la educación agrícola en México. En E. Hernández (Ed.), *Agroecosistemas de México: contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola* (pp. XI-XIX) Chapingo Méx.: Colegio de Postgraduados.
- 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>
- Herrscher, E. 2003. *Pensamiento sistémico*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Granica S.A. 261 pp.
- Hofi, A. A., I. D. Rifaat and M. A. Khorshid 1966b. Studies on some physical and physico-chemical properties of Egyptian buffalo's and cow's milk. III. Viscosity. *Indian Journal of Dairy Science*. 19: 158-161. <https://eurekamag.com/research/014/691/014691887.php>
- 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/Hidalgotitlan.pdf>
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2006. Características productivas del búfalo en Argentina. ISSN N° 0327-3059. En: www.produccion-animal.com.ar
- 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>
- Jorge, A. M., y Francisco, C. D. L. 2011. Aspectos nutricionales del búfalo. *Tecnología en Marcha*. 24(5): 105-120. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835759>
- Kathirvelan, C., y Tyagi, A. K. 2009. Conjugated linoleic acid content of milk from buffaloes fed a mustard oil-based diet. *International Journal of Dairy Technology*. 62(2): 141-146. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00475.x>
- Lawless, H. T., y Heymann, H. 2010. Sensory evaluation of food: principles and practices. Springer Science and Business Media.
- Lee, H. S., Van Hout, D., Hautus, M., O'Mahony, M. 2007. Can the same-different test use a β -criterion as well as a τ -criterion?. *Food Quality and Preference*. 18(4): 605-613. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2006.03.024>

- Lee, M. R., Tweed, J. K., Moloney, A. P., Scollan, N. D. 2005. The effects of fish oil supplementation on rumen metabolism and the biohydrogenation of unsaturated fatty acids in beef steers given diets containing sunflower oil. *Animal Science*. 80(3): 361-367. <https://doi.org/10.1079/ASC41920361>
- León, F.J. 2003. Consumo voluntario y digestibilidad de nutrientes de heno de gramíneas tropicales nativas y ensilaje de sorgo y el efecto de la suplementación con residuos fermentados de pescadería. MS Tesis. Universidad de Puerto Rico. RUM. 63pp.
- León, J. M., Restrepo, M. L. P., Carulla, J. E. 2011. Relación entre las características de la pastura y el contenido de ácido linoleico conjugado (ALC) en la leche. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 24(1): 63-73. <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295022380009.pdf>
- Lichtenstein, A. H., Appel, L. J., Brands, M., Carnethon, M., Daniels, S., Franch, H. A., Franklin, B., Kris- Etherton, P., Harris, W. S., Howard, B., Karanja, N., Lefevre, M., Rudel, L., Sacks, L., Van Horn, L., Winston, M., & Wylie-Rosett, J. 2006. Diet and Lifestyle Recommendations Revision 2006: A Scientific Statement from the American Heart Association Nutrition Committee. *Circulation*. 114: 82-96. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.176158>
- López, A. J. R., Sánchez, O. F., Elias, A. 2005. ¿Por qué el búfalo de agua presenta mayor eficiencia productiva que los vacunos?. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 6(11): 1-6. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617170003.pdf>
- Maldonado-Enríquez, E. J., López-Noverola, U., Salinas-Hernández, R. M., González-Cortés, N., Cuenca-Soria, C. A., Jiménez-Vera, R., y Hernández- Juárez, J. L. 2016. Contenido de metales pesados en músculo de pez diablo *Pterygoplichthys pardalis*. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 2(1): 68-73. <http://www.reibci.org/publicados/2015/enero/0800110.pdf>

- Mandal, A. B., Paul, S. S., Mandal, G. P., Kannan, A., Pathak, N. N. 2005. Deriving nutrient requirements of growing Indian goats under tropical condition. *Small Ruminant Research*. 58(3): 201-217. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.09.015>
- 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 65 year 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>
- Mayes, P. A.; Bender, D. 1988. Lípidos de importancia fisiológica. En: *Bioquímica de Harper*. 11a ed. México, D. F.: Editorial Manual Moderno. 129-141p.
- 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>
- Mendoza, R., Contreras, S., Ramirez, C., Koleff, P., Alvarez, P., Aguilar, V. 2007. Los peces diablo: Especies invasoras de alto impacto. *CONABIO. Biodiversitas*. 70: 1-5.

- Meraz-Torres, L. S., y Hernandez-Sanchez, H. 2012. Conjugated linoleic acid in dairy products: a review. *American Journal of Food Technology*. 7: 176-179. <https://scialert.net/abstract/?doi=ajft.2012.176.179>
- Mir, N. A., Kumar, P., Rather, S. A., Sheikh, F. A., & Wani, S. A. (2015). Effect of supplementation of *tinospira 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>
- Miralles De La Torre, S. 2003. Calidad de la leche. Perú.
- Mitat, A. 2007. Curva de lactancia en hembras lecheras Buffalypso y mestizas Carabao. II Congreso de Producción Animal Tropical. In I Simposio Internacional de Producción de Rumiantes, Instituto de Ciencia Animal, La Habana. 86 p.
- Mitat, A. 2011. Antecedentes y perspectivas de la actividad bufalina en el trópico. *Revista Tecnología en Marcha*. 24:121-136. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835768>
- Morin, E. 2007. Introducción al Pensamiento Complejo. Gedisa. Barcelona, España. 167 pp.
- Murray, R. K., Bender, D.A., Botham, K.M., Kennelly, P.J., Rodwell, V.W y Weil, P.A. 2013. *Bioquímica ilustrada de Harper* 29a Edición. Editorial McGraw-Hill. 216-228.
- 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*.
- Nascimento, C.; Moura, L. 1993. Crianza de Búfalos: Alimentación, manejo e instalaciones. EMBRAPA, Brasil. 10p.

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>

NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos. Fecha de consulta: 03 de abril de 2018. <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-066-S-1978.PDF>

NMX-F-083-1986. Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios. Fecha de consulta: 03 de abril de 2018. <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-083-1986.PDF>

Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=690308&fecha=12/09/2003

Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5160755&fecha=27/09/2010

Nwanna, L. C., Balogun, A. M., Ajenifuja, Y. F., Enujiugha, V. N. 2004. Replacement of fish meal with chemically preserved shrimp head in the diets of African catfish, *Clarias gariepinus*. Journal of Food Agriculture and Environment. 2: 79-83.

https://www.researchgate.net/profile/Victor_Enujiugha/publication/266609895_Replacement_of_fish_meal_with_chemically_preserved_shrimp_head_in_the_diets_of_African_catfish_Clarias_gariepinus/links/544672b10cf2d62c304dbeb6.pdf

Ocampo, R., Gómez, C., Restrepo, D., Cardona, H. 2016. Estudio comparativo de parámetros composicionales y nutricionales en leche de vaca, cabra y búfala, Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 177-186. <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/185/226>

Ocanto, G., Acevedo, I., García, O. 2014. Evaluación de las Características Físicoquímicas y Funcionales del Ensilaje de Maíz (*Zea Mays*) y Ensilaje de Sorgo (*Sorghum Vulgare*) Municipio Urdaneta del Estado Lara. *Revista Agroindustria, Sociedad y Ambiente*. 1(1): 110-129. http://bibvirtual.ucla.edu.ve/db/psm_ucla/edocs/ASA/Vo11Nro1/articulo6.pdf

Ojeda, R. de la P., 1993. Aprovechamiento integral de la almeja catarina (*Argopecten circularis*) mediante la elaboración de ensilado químico a partir de sus residuos. Tesis. UABCS, La Paz BCS, México.

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>

Olivas-Gastélum, R., Nevárez-Moorillón, G. V., Gastélum-Franco, M. G. 2009. Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *Tecnociencia Chihuahua*. 3: 1-7. <http://tecnociencia.uach.mx/numeros/numeros/v3n1/data/AnalisisSensorialdeAlimentos.pdf>

Oliveira, C. M. G., Oliveira Filho, B. D., Gambarini, M. L., Viu, M. A. O., Lopes, D. T., Sousa, A. P. F. 2009. Effects of biostimulation and nutritional supplementation on pubertal age

- and pregnancy rates of Nelore heifers (*Bos indicus*) in a tropical environment. *Animal Reproduction Science*. 113(1-4): 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.08.006>
- Ornelas, S., Gutiérrez, E., Juárez, A., Garciduenas, R., Espinoza, J.L., Perea, M., Flores, J.P. and Salas, G. 2011. Use of silage acid devil fish (*Pterygoplichthys* spp.) as protein supplement in finishing beef cattle. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 1: 1280–1283. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.460.8957&rep=rep1&type=pdf#page=187>
- Pardal, C. D. V. 2012. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites vegetales: nuevos métodos de síntesis (Tesis Doctoral), Universidad de Extremadura Facultad de Ciencias Departamento de Ingeniería Química y Química Física.
- Parin, M. y A, Zugarramurdi. 1994. Taller “Tratamiento y utilización de desechos de origen animal y otros desperdicios en la ganadería”. FAO. Fecha de consulta: 23 de agosto de 2019. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/APH134/cap4.htm>
- Parodi, P. W. 1996. Milk fat components: possible chemopreventive agents for cancer and other diseases. *Australian Journal of Dairy Technology*. 51(1): 24. <https://search.proquest.com/openview/04477670520728c17c1adde95ef8a678/1?cbl=36914&pq-origsite=gscholar>
- Pathak, N. N. 2005. Comparison of feed intake, digestibility of nutrients and performance of cattle (*B. indicus* and *B. indicus* x *B. taurus* crosses) and Buffaloes (Swamp and Indian). *Animal Science UR*, Wageningen, The Netherlands, University of Reading, Reading, UK, Science Institute of Technology, Zurich, Switzerland and Intern Livest Res Inst, Nairobi, Kenya, 209-233.
- Patño, 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.

[http://www.produccion-](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/razas_de_bufalos/33-Revet_vol15_2004-05Pat.pdf)

[animal.com.ar/informacion_tecnica/razas_de_bufalos/33-Revet_vol15_2004-05Pat.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/razas_de_bufalos/33-Revet_vol15_2004-05Pat.pdf)

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., Judis, M. A., Guanzioli Stefani, C., Pochon, D. O., Cedrés, J. F., Doval, M. M., Romero A., Faisal E., Rebak G. 2008. Determinación de ácidos grasos en leche bubalina (*Bubalus bubalis*) producida en Corrientes, Argentina. *Revista veterinaria*. 19: 28-32. https://www.researchgate.net/profile/Patino_Maria/publication/279641491_Determination_of_milk_fatty_acids_in_buffaloes_Bubalus_bubalis_from_Corrientes_Argentina/links/5ace4d408aea9946727d16e/Determination-of-milk-fatty-acids-in-buffaloes-Bubalus-bubalis-from-Corrientes-Argentina.pdf

Patiño, E. M., Léctora, J. W., Villordo, G. I., Valenzuela, K. M., & Sánchez-Negrete, M. 2017. Perfil de ácidos grasos en leche de búfalas alimentadas con pastura natural y suplementadas con aceites de girasol y pescado. *Revista veterinaria*. 28(1): 19-26. <http://dx.doi.org/10.30972/vet.2811292>

Patiño, E. M., Negrette, M. S., Judis, M. A., Pochon, D. O., Cedrés, J. F. 2010. Influencia del pastizal en la concentración de CLA y Omega 6 y 3 en leche de búfalas de Corrientes, Argentina. *Revista Veterinaria*. 21(2): 136-139. <http://dx.doi.org/10.30972/vet.2121939>

Patiño, E. M., y Guanzioli 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>

Patiño, E.M., Judis, M.A., Sánchez-Negrette, M., Pochon, D.O., Cedres, J.F., Rebak. G., Romero, A.M., Doval, M.M., Crudeli, G.A. 2012. Influence of fish oil in the concentration of conjugated linoleic acid and omega 6 and 3 in buffalo milk. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*. 64(2): 427-433.

- 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: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.
- Plascencia-Jatomea, M., Olvera-Novoa, M. A., Arredondo-Figueroa, J. L., Hall, G. M., Shirai, K. 2002. Feasibility of fishmeal replacement by shrimp head silage protein hydrolysate in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L) diets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82(7): 753-759. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1092>
- Prager, M., Restrepo J., Angel D., Malangón R. y Zamorano A. 2002. Agroecología. Una disciplina para el estudio y desarrollo de sistemas sostenibles de producción agropecuaria. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Palmira, Colombia: 333 p.
- Preston, R., Leng R. (1989). Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados al nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico, 1ª. Edición. CIPAV. Cali, Colombia. 290 p.
- Proto, V. 1993. L'alimentazione della bufala. Giornata di studio "Alimentazione zootecnica e qualità del latte bovino e bufalino". 29 Ottobre 1993, Eboli (SA): 1-42p.

- Ramírez, C., Ruiz C. 2003. Optimización del proceso de extracción de aceite de palma en el complejo agroindustrial Hacienda Las Flores, municipio Agustín Codazzi, departamento del Cesar. Tesis de pregrado sin publicar. Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia.
- Ramírez, J.C. 2009. Aprovechamiento de fauna de acompañamiento del camarón y subproductos pesqueros mediante la elaboración de ensilado de pescado. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa, México, D.F.
- Ramírez-Ramírez, J. C., Huerta, S., Arias, L., Prado, A., Shirai, K. 2008. Utilization of fisheries by-catch and processing wastes for lactic acid fermented silage and evaluation of degree of protein hydrolysis and in vitro digestibility. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 7(3): 195-204. <https://www.redalyc.org/pdf/620/62011164002.pdf>
- Reddy, G.P., Reddy, K.V.S., Reddy, D.V. 1996. Effect of supplementary graded levels of poultry dropping on nutrients digestibility and rumen fermentation patterns in buffaloes fed with rice straw. *Buffalo Journal*. 12: 23
- 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)
- Rico, J. E., Moreno, B., Pabón, M. L., Carulla, J. 2007. Composición de la grasa láctea en la sabana de Bogotá con énfasis en ácido ruménico-CLA cis-9, trans-11. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 20(1): 30-39. <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295023036004.pdf>
- Rivera, C. 2009. La agroecología: cruce de fronteras epistemológicas. Memoria del XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. Asociación Latinoamericana de Sociología. Buenos Aires.

- Rodríguez, C. A., y Díaz, H. 2005. Fermentación anaerobia de residuos de pescadería y su utilización en dietas para pequeños rumiantes. Facultad del colegio deficiencias agrarias. 1: 5-9.
- 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>
- SAGARPA. 2017. Apoya SAGARPA la crianza de búfalos de agua por su alto valor nutritivo. Fecha de consulta: 14 de agosto de 2019. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/apoya-sagarpa-crianza-de-bufalos-de-agua-por-su-alto-valor-nutritivo>
- Salazar, D. 2000. Algunos parámetros reproductivos de un rebaño bufalino. Resúmenes I Congreso Internacional sobre mejoramiento animal. La Habana, Cuba. 216 p.
- Sánchez, N. M., y Patiño, M. E. 2011. Bupalinocultura de las Américas. 1a ed. Moglia ediciones, Corrientes, Argentina. 202p.
- Sancho, J., Bota, E., y De Castro, J. J. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos (No. WA716. 1 SANi). Alfaomega grupo editor, S.A. de C.V. México. D.F. 319p.
- 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>
- 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>
- Shingfield, K. J., Reynolds, C. K., Hervás, G., Grünari, J. M., Grandison, A. S., Beever, D. E. 2006. Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89(2): 714-732. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72134-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72134-8)
- Silva, M., Rodrigues, M., Rodrigues, C., Branco, R., Leão, M., Magalhães, A., Matos, R. 2007. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36: 246-256. <http://www.scielo.br/pdf/0D/rbz/v36n1/a29v36n1.pdf>
- Spanopoulos-Hernández, 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>
- Stone, H. y J. L. Sidel. 1993. *Sensory Evaluation Practices*, 2da Ed. Academic. E.E.U.U.

- Stone, H., and J. L. Sidel. 2004. Sensory evaluation practices 3rd Edn. Jordan Hill, GBR: Academic press. 1-16: 215-235 pp.
- Tejeda-Arroyo, E., Cipriano-Salazar, M., Camacho-Díaz, L. M., Salem, A. Z. M., Kholif, A. E., Elghandour, M. M. M. Y., DiLorenzo, N., Cruz-Lagunas, B. 2015. Diet inclusion of devil fish (*Plecostomus* spp.) silage and its impacts on ruminal fermentation and growth performance of growing lambs in hot regions of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 47(5): 861-866. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0800-0>
- Terramoccia, S., Bartocci, S., Borghese, A. 2005. Nutritional requirements in buffalo cows and heifers. *Buffalo Production and Research, FAO Inter-Regional Cooperative Research Network on Buffalo, REU Technical Series*. 67: 145-160. <http://www.fao.org/3/a-ah847e.pdf#page=150>
- Toral, P. G., Belenguer, A., Frutos, P., Hervás, G. 2009. Effect of the supplementation of a high-concentrate diet with sunflower and fish oils on ruminal fermentation in sheep. *Small Ruminant Research*. 81(2-3): 119-125. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.12.009>
- Toral, P. G., Frutos, P., Hervás, G., Gómez-Cortés, P., Juárez, M., De la Fuente, M. A. 2010. Changes in milk fatty acid profile and animal performance in response to fish oil supplementation, alone or in combination with sunflower oil, in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*. 93(4): 1604-1615. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2530>
- Torres, E. 2009. Búfalo: Una especie promisoría. Universidad Nacional de Colombia. 5 pp. www.produccion-animal.com.ar
- Tufarelli, V., Dario, M., Laudadio, V. 2008. Diet composition and milk characteristics of Mediterranean water buffaloes reared in Southeastern Italy during spring season. *Livestock Res Rural Develop*. 20(10): 1-7. <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd20/10/tufa20165.htm>

- Usmani, R. H., Inskoop, E. K. 1989. Effect of prepartum feeding on milk yield and calf growth rate in limited-suckled and nonsuckled buffaloes. *Journal of Dairy Science*. 72(8): 2087-2094. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79333-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79333-4)
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10): 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Vargas, V.C.G. 2005. Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite de *Plecostomus* spp. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Jiquilpan. México. 61p.
- Vasta, V., Makkar, H. P., Mele, M., Priolo, A. 2008. Ruminant biohydrogenation as affected by tannins in vitro. *British Journal of Nutrition*. 102(1): 82-92. <https://doi.org/10.1017/S0007114508137898>
- Velez, M. 1997. Producción de ganado lechero en el trópico. Ed. Línea Gráfica. Escuela Agrícola Panamericana, Zaruarus. Honduras. 183 p.
- Vidotti, R. M., Viegas, E. M. M., Carneiro, D. J. 2003. Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology*. 105(1-4): 199-204. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00056-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00056-7)
- Villegas, G. A., y Santos, M. A. 2014. *Calidad De Leche Cruda*. 2 Ed. Trillas.
- Voet, D., Voet, J. G., Pratt, C. W. 1999. *Fundamentals of Biochemistry*. New York: Wiley. 2a ed. Editorial Médica Panamericana. 1452.
- Zicarelli, L. 2004. Buffalo milk: its properties, dairy yield and mozzarella production. *Veterinary Research Communications*. 28: 127-135. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/B:VERC.0000044434.75094.b5.pdf#page=127>

Zynudheen, A. A., An, R., Ramach, K. G. 2008. Effect of dietary supplementation of fermented fish silage on egg production in Japanese quail (*Coturnix coromandelica*). African Journal of Agricultural Research. 3(5): 379-383.
http://www.academicjournals.org/app/webroot/article/article1380892659_Zynudheen%20et%20al.pdf

9. ANEXOS

Anexo 1. Formato para la prueba triangular.

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
LABORATORIO DE EVALUACIÓN SENSORIAL
Prueba triangular

Sexo F M

Edad: 22

Fecha: 13/03/2019

Instrucciones: Frente a usted hay tres muestras de leche, dos de ellas son iguales y una es diferente. Usted debe probar cada una e indicar cuál es la muestra diferente colocando el código correspondiente sobre la línea.

Muestra diferente: 460

Comentarios: un poco dulce

GRACIAS!!

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
LABORATORIO DE EVALUACIÓN SENSORIAL
Prueba triangular

Sexo F M

Edad: 21

Fecha: 13/03/2019

Instrucciones: Frente a usted hay tres muestras de leche, dos de ellas son iguales y una es diferente. Usted debe probar cada una e indicar cuál es la muestra diferente colocando el código correspondiente sobre la línea.

Muestra diferente: 589

Comentarios: La muestra 460 y 410 son iguales la 589 es diferen

GRACIAS!!

Anexo 2. Planilla para la evaluación sensorial descriptiva de la leche entera de búfala



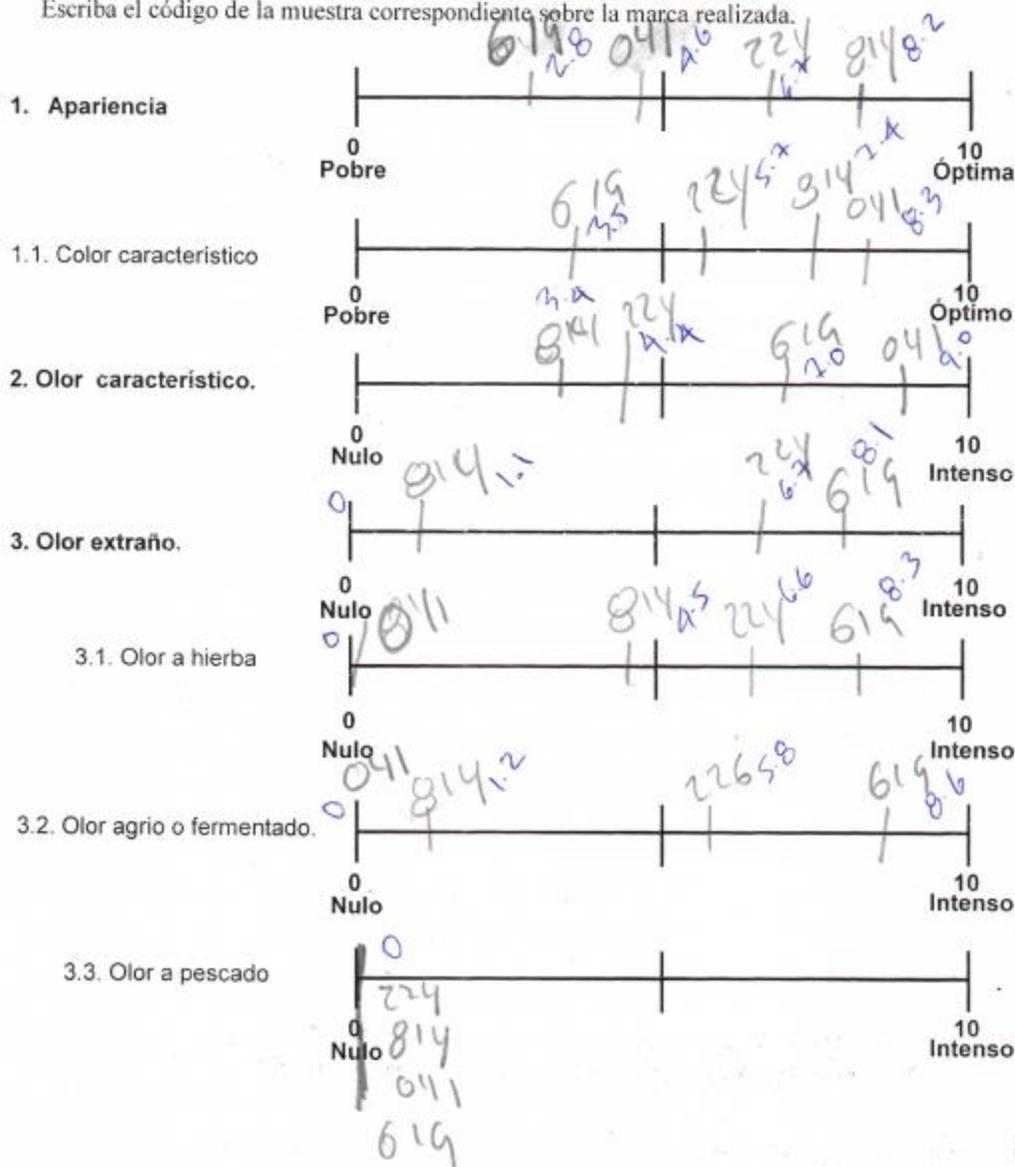
UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
 DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
 LABORATORIO DE EVALUACIÓN SENSORIAL



Evaluación sensorial de leche

Nombre Luis Fernando Xilieto Carras Fecha 15/Nov/2019

Instrucciones: En esta sesión evaluaremos muestras de leche entera. Evalúe cada una de las características siguientes en la muestra y marque la intensidad de cada una sobre la escala. Escriba el código de la muestra correspondiente sobre la marca realizada.



2

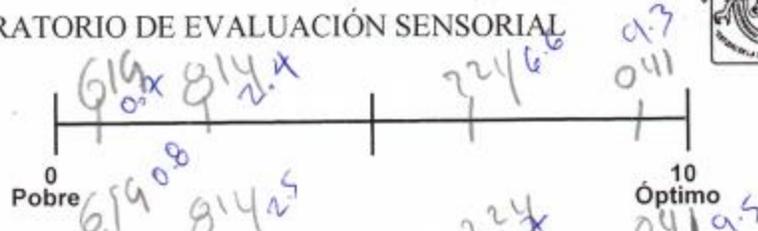


UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
 DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



LABORATORIO DE EVALUACIÓN SENSORIAL

4. Sabor característico.



4.1. A leche entera.



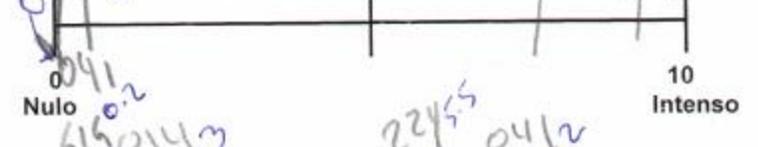
4.2. A leche fresca (recién ordeñada).



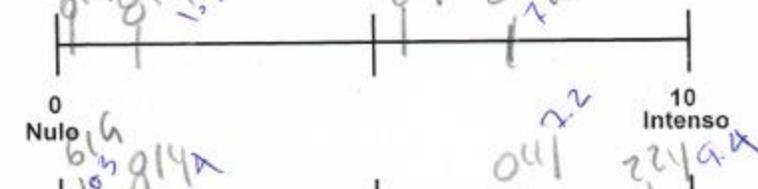
5. Sabor extraño.



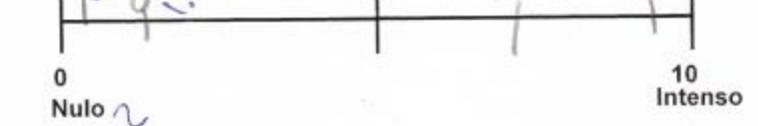
5.1. A crema de leche



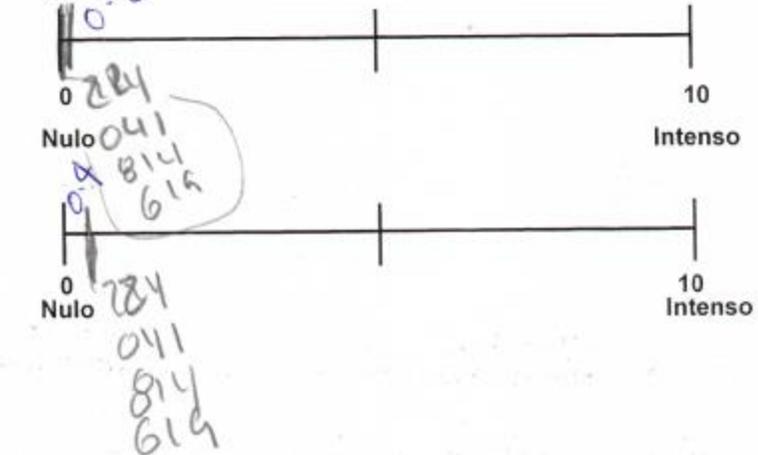
5.2. Dulce



5.3. A medicina

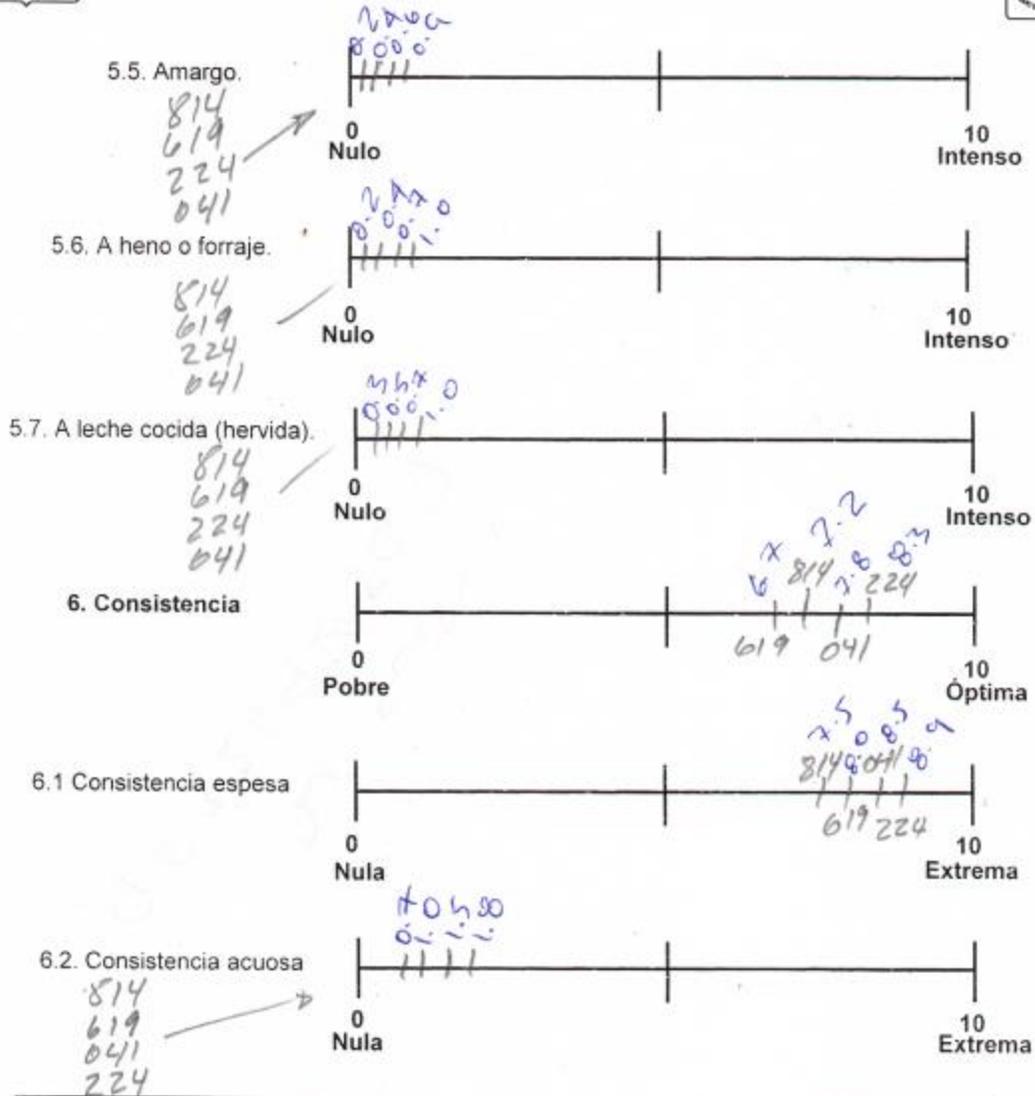


5.4. Rancio.





UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
 DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
 LABORATORIO DE EVALUACIÓN SENSORIAL



Comentarios:

GRACIAS!!!

Anexo 3. Formato para la prueba triangular.

Tabla 1
Niveles de significación de la prueba triangular

Número de respuestas	Número mínimo de respuestas necesarias para alcanzar un nivel de significación de			Número de respuestas	Número mínimo de respuestas necesarias para alcanzar un nivel de significación de			Número de respuestas	Número mínimo de respuestas necesarias para alcanzar un nivel de significación de		
	5%	1%	0,1%		5%	1%	0,1%		5%	1%	0,1%
5	4	5	-	37	18	20	22	69	31	33	36
6	5	6	-	38	19	21	23	70	31	34	37
7	5	6	7	39	19	21	23	71	31	34	37
8	6	7	8	40	19	21	24	72	32	34	38
9	6	7	8	41	20	22	24	73	32	35	38
10	7	8	9	42	20	22	25	74	32	35	39
11	7	8	10	43	20	23	25	75	33	36	39
12	8	9	10	44	21	23	26	76	33	36	39
13	8	9	11	45	21	24	26	77	34	36	40
14	9	10	11	46	22	24	27	78	34	37	40
15	9	10	12	47	22	24	27	79	34	37	41
16	9	11	12	48	22	25	27	80	35	38	41
17	10	11	13	49	23	25	28	81	35	38	41
18	10	12	13	50	23	26	28	82	35	38	42
19	11	12	14	51	24	26	29	83	36	39	42
20	11	13	14	52	24	26	29	84	36	39	43
21	12	13	15	53	24	27	30	85	37	40	43
22	12	14	15	54	25	27	30	86	37	40	44
23	12	14	16	55	25	28	30	87	37	40	44
24	13	15	16	56	26	28	31	88	38	41	44
25	13	15	17	57	26	28	31	89	38	41	45
26	14	15	17	58	26	29	32	90	38	42	45
27	14	16	18	59	27	29	32	91	39	42	46
28	15	16	18	60	27	30	33	92	39	42	46
29	15	17	19	61	27	30	33	93	40	43	46
30	15	17	19	62	28	30	33	94	40	43	47
31	16	18	20	63	28	31	34	95	40	44	47
32	16	18	20	64	29	31	34	96	41	44	48
33	17	18	21	65	29	32	35	97	41	44	48
34	17	19	21	66	29	32	35	98	41	45	48
35	17	19	22	67	30	33	36	99	42	45	49
36	18	20	22	68	30	33	36	100	42	46	49

NOTAS

- Los valores dados en la tabla han sido calculados a partir de la fórmula exacta de la distribución binomial de parámetro $p = 1/3$ con n respuestas.
- Cuando el número de respuestas es superior a 100 ($n > 100$) es necesario utilizar la fórmula siguiente, basada en la aproximación de la distribución binomial a la normal y que proporciona el número real de juicios a obtener con un error como máximo de 1 unidad.

El número mínimo de respuestas (X) es el valor entero más próximo a:
$$X = 0,8174z \cdot \sqrt{n} + \frac{[2n+3]}{6}$$

donde

$z = 1,64$, para $\alpha < 0,05$

$z = 2,33$, para $\alpha < 0,01$

$z = 1,10$, para $\alpha < 0,20$