



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Determinación de la Grasa de Leche de Oveja Usando Dos
Métodos Analíticos

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

Pedro Guzman Garibay

Asesores

Mc. Isidoro Martínez Beiza

Dr. Alfonso Juventino Chay Canul

Morelia, Michoacán de Junio 2018



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**Determinación de la grasa de leche de oveja usando dos métodos
analíticos**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

PEDRO GUZMAN GARIBAY

Morelia, Michoacán de Junio 2018

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron distintas personas opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo. Este trabajo me ha permitido aprovechar la experiencia de muchas personas a las cuales agradezco.

A mis padres que siempre me apoyaron incondicional, a mis hermanos, familia, amigos y profesores en general por el apoyo que siempre me brindaron en el transcurso de cada año de mi carrera Universitaria.

INDICE	
INDICE DE CUADROS	1
ÍNDICE DE FIGURAS	2
RESUMEN	3
SUMMARY	4
INTRODUCCIÓN	5
MARCO TEORICO	6
1. Ovinos	6
2. Ovinocultura en México	7
3. Composición de la leche de oveja	9
3.1. Grasa.....	11
3.2. Proteína.....	11
3.3. Lactosa	11
4. Métodos analíticos	12
4.1. Método Gerber.....	12
4.2. Método ultrasonido.....	12
HIPOTESIS	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
MATERIAL Y MÉTODOS	15
Lugar de muestreo.....	15
Animales de muestreo.....	15
Toma de muestras	16
Análisis de la leche	16
Método de Gerber	17
Método de ultrasonido.....	17
Análisis estadístico de datos	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
a) Análisis de la leche de oveja Pelibuey	19
b) Comparación de métodos para análisis de grasa en leche	20
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	25
BIBLIOGRAFIA	27

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación de la composición nutricional de la leche de varias razas de borregas de carne y leche.	8
Cuadro2. Composición promedio de los nutrientes básicos de leche en cabra, oveja y vaca (Park et al., 2007).	9
Cuadro 3. Ventajas y desventajas del método Gerber y del ultrasónico (Vílchez et al., 2006, y Toapanta, 2015).....	13
Cuadro 4. Ingredientes de la dieta.....	15
Cuadro 5. Composición química de la dieta	16
Cuadro 6. Composición de proteína, grasa, sólidos totales y lactosa en la leche de oveja Pelibuey (Media±DE)	20
Cuadro 7. Análisis de Varianza para comparar los métodos de evaluación de grasa en leche de borregas Pelibuey.	22
Cuadro 8. Prueba de <i>t</i> Student en la comparación de los promedios del contenido de grasa en la leche de borregas Pelibuey comparando dos métodos para su determinación.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva promedio de producción de leche de borrega a lo largo de la lactancia (Pérez, 2008).	10
Figura 2. Aparato para análisis ultrasónico de leche de la marca lactoscan milkanalyzer.	13
Figura 3. Técnica de Gerber ilustrada	17
Figura 4. Histograma de frecuencia de los datos de grasa obtenidos por el Método Gerber clasificados en el % de grasa.	21
Figura 5. Histograma de frecuencia de los datos de grasa obtenidos por el Método Lactoscan clasificados en el % de grasa.	21
Figura 6. Gráfica de Caja y Bigote en la comparación de métodos de determinación de grasa de la leche de borregas Pelibuey. Eje x % grasa	22
Figura 7. Diferencias en cantidad de grasa en leche de oveja medida con el método Gerber y por ultrasonido (Lactoscan).	24

RESUMEN

Las ovejas son animales de uso múltiple, que producen carne, leche, piel y lana; sin embargo, en los últimos años la producción de leche ha tenido una mayor relevancia, en particular a su contenido nutricional, particularmente el contenido de grasa. Dada la importancia de determinar de una manera rápida, eficaz y eficiente el contenido de grasa en la leche, en el presente trabajo se realizó una comparación de dos métodos para su determinación: uno fue el método aceptado por la Norma Oficial Mexicana, que es el método Gerber, y otro es un método relativamente nuevo pero ampliamente usado en la industria de leche de bovinos que es el Lactoscan, sin embargo no ha sido validado en la determinación del contenido de grasa en leche de oveja pelibuey. Se utilizaron 50 ovejas de pelo de 2-3 años de edad, analizando 179 muestras con los dos métodos obteniendo valores, en el método Gerber de 3.82 ± 1.43 % de grasa y 5.16 ± 1.58 % de grasa; La información se analizó en un primer momento empleando técnicas descriptivas estadísticas; para evaluar la diferencia entre los promedios de cada método se hizo un análisis de varianza univariado y la comparación de los promedios se empleó una prueba de *t* de student, observando diferencias estadísticas entre los dos métodos de determinación de grasa ($P < 0.0001$). Se concluye que la diferencia encontrada fue debido al manejo de las muestras más que al empleo de los métodos.

Palabras clave: oveja, leche, grasa, Gerber, Lactoscan.

SUMMARY

Sheep are multipurpose animals, which produce meat, milk, skin and wool; However, in recent years milk production has had a greater relevance, in particular to its nutritional content, particularly the fat content. Given the importance of determining in a fast, efficient and efficient way the content of fat in milk, in the present work a comparison of two methods was made for its determination: one was the method accepted by the Official Mexican Standard, which is the Gerber method, and another is a relatively new but widely used method in the bovine milk industry that is Lactoscan, however it has not been validated in the determination of fat content in pelibuey sheep milk. We used 50 sheep of 2-3 years of age, analyzing 179 samples with the two methods obtaining values, in the Gerber method of $3.82 \pm 1.43\%$ of fat and $5.16 \pm 1.58\%$ of fat; The information was analyzed at first using statistical descriptive techniques; To evaluate the difference between the means of each method, a univariate analysis of variance was made and the comparison of the means was used a student's t test, observing statistical differences between the two fat determination methods ($P < 0.0001$). It is concluded that the difference found was due to the handling of the samples rather than to the use of the methods.

Key words: sheep, milk, fat, Gerber, Lactoscan.

INTRODUCCIÓN

La leche constituye el alimento básico del periodo de lactancia del cordero, conocer su calidad sobre todo en ovejas de pelo productores de carne, es de suma importancia para los ovinocultores involucrados en esta actividad, ya que la leche materna es la única fuente de nutriente para el desarrollo de los corderos recién nacidos y el principal alimento hasta la etapa de destete (Napolitano *et al.*, 2008), siendo la calidad nutricional de la leche, un factor primordial que puede afectar el rendimiento final del peso corporal de cordero destinado para el abasto (Tudisco *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2015).

La producción lechera ovina se ve favorecida en las primeras semanas de la lactancia, alcanzando picos máximos de producción en la tercera o cuarta semana posparto, después del pico máximo la curva de lactancia tiende a la baja hasta llegar al secado, dependiendo de la raza, el genotipo y el potencial lechero individual. La composición de la leche en las ovejas, es un factor determinante a la hora de evaluar el desarrollo de los corderos hasta la época de destete y esta no solo depende de factores propios del animal, sino que también entran en juego la cantidad y la calidad de los alimentos destinados para la alimentación de las hembras ovinas (Velasco *et al.*, 2001).

La ganancia diaria de peso en los corderos hasta el destete, tiene una relación directa con la cantidad y calidad de la leche de la oveja. Por ejemplo, la borrega lechera de la raza manchega tiene una producción promedio de 130 litros, en comparación de las razas de carne como la Suffolk que producen 69 litros por lactancia, esta característica genética ofrece la variable eficiencia de producción y desarrollo de corderos con porcentajes favorables hasta el periodo de destete. Sin embargo, los componentes de proteína y grasa de la leche se mantienen con 3% a 4% y 5% a 7% respectivamente (Báez *et al.*, 2012; Ganzábal *et al.*, 1991; Velasco *et al.*, 2001; Calderón *et al.*, 2007; Ronquillo *et al.*, 2012).

Los ovinos Pelibuey es una de las principales razas que existen en México. Son animales rústicos y prolíficos que se adaptan muy bien a diversas condiciones ambientales, presentan baja estacionalidad reproductiva y tienen una mayor

resistencia a diversas afecciones parasitarias. Ciertas ventajas de estos animales son que mantienen un bajo consumo de alimento, tienen buena conversión y producen canales magras; sin embargo, no se tiene información detallada de la lactancia de las borregas, algunos estudios han reportado una producción media de 40.0 litros en sistema comercial con variaciones durante los 120 días de lactancia, obteniendo pesos al nacer de 3.0 kg y al destete de 13.95 kg (Aguilar *et al.*, 2017; Pérez *et al.*, 2011).

Ya que los estudios en la raza Pelibuey durante la lactancia no contemplan información de la composición de la leche, el objetivo del presente estudio fue evaluar el contenido de grasa en leche de ovejas lactantes Pelibuey usando dos métodos analíticos.

MARCO TEORICO

1. Ovinos

Las ovejas son animales de uso múltiple, que producen carne, leche, pieles y lana. Su función principal es la producción de carne, aunque en algunos países la leche de oveja se ha vuelto de mayor importancia, con una producción a nivel mundial de leche de oveja de 7.47 millones de toneladas (Zygoiannis, 2006; FAO, 2013).

Aunque es difícil remontarse a los orígenes exactos de la utilización del ganado ovino por el hombre, se sabe, que el rebaño de ovejas ha acompañado el desarrollo de la civilización en el Mediterráneo hace más de 10 mil años a.C. En numerosos escritos antiguos, como el Antiguo Testamento, la Ilíada, la Odisea o las Bucólicas aparecen relatos pastoriles, en los cuales el rebaño de ovejas acompañaba al hombre de esas épocas. Se encuentran igualmente relatos del ordeño de las ovejas y de la fabricación del queso (Assenat, 1991; Haenlein, 2007).

2. Ovinocultura en México

En México se tienen registradas alrededor de 53,000 unidades de producción ovina, que están distribuidas aproximadamente de la siguiente forma: 53% en el centro, 24% en el sur-sureste y 23% en el norte (PROGAN, 2010). La ovinocultura de carne se desarrolla bajo un esquema de tipo regional, en la zona central se producen carne y pieles con razas de lana como Suffolk, Hampshire, Rambouillet y Dorset y de pelo, Katahdin, Dorper y Pelibuey. La región sur-sureste se orienta principalmente a la producción de carne con razas de pelo: Pelibuey, Black Belly, Katahdin y Dorper. Finalmente, la zona norte ahora se dedica a la producción de carne, no obstante, fue la principal proveedora de lana en épocas pasadas, por lo que aún se mantiene una población de animales de la raza Rambouillet, pero más recientemente se han introducido razas de pelo Pelibuey, Katahdin y Dorper (Partida *et al.*, 2013).

Para que exista una rentabilidad en las unidades de producción, la leche de ovino es importante al momento de hablar de la viabilidad de corderos recién nacidos, ya que es la primera y única fuente de nutrientes en los primeros días de vida, independiente del sistema productivo en el que estén, ya sea extensivo, semi-intensivo e intensivo (Ríos *et al.*, 2014).

Así, la viabilidad económica en granjas de producción de ovinos de carne, se rige por parámetros productivos mayor o igual de, una ganancia diaria de peso en corderos lactantes de 100 a 140 gr por día; destete de 90 días de edad con un peso de 12.5 ± 3.1 kg en peso vivo, esto para que los corderos alcancen más rápido el peso del mercado, con esto se disminuyen los costos de mano de obra y alimento, lo cual también está relacionado a la raza de ovejas que se maneje (Del Ángel *et al.*, 1991; Ríos *et al.*, 2014). Para esto depende de la cantidad y composición de la leche (Cuadro 1) que consuman los corderos, lo cual varía en función de la lactación, así como de las condiciones de explotación del rebaño, genotipo y nutrición (Alais *et al.*, 1985).

Cuadro 1. Comparación de la composición nutricional de la leche de varias razas de borregas de carne y leche.

	PELIBUEY Valdés et al., 2016	RAMBOUILLET Sosa et al., 2005	CORRIEDALE Althaus et al., 2001	SUFFOLK Sosa et al., 2005
GRASA %	7.98	6.1	8.46	6.4
LACTOSA %	---	4.9	4.84	4.8
PROTEÍNA %	4.74	5.9	4.88	5.9

En otro contexto, la leche de ovino se puede utilizar para su transformación y fabricación de quesos; ya que, por sus características específicas y su riqueza en los componentes químicos, la materia grasa y la proteína, es un producto más noble que a comparación con leche de otras especies (Tabla 2) que se utilizan en la industria láctea (Assenat, 1991; Morais *et al.*, 2004; Park *et al.*, 2007). La producción de derivados lácteos (queso, yogurt, otros) a partir de la leche de oveja es muy limitada en muchos países, especialmente en América, y, sin embargo, parece existir un mercado potencial de consumidores que adquieren estos productos importados de alto valor. Estados Unidos de América, se muestra como un gran importador de queso de oveja procedente de países europeos dentro de los que sobresalen Italia, Francia, Luxemburgo, Bulgaria, Grecia y España (García *et al.*, 2012).

Cuadro2. Composición promedio de los nutrientes básicos de leche en cabra, oveja y vaca (Park et al., 2007).

COMPOSICIÓN	CABRA	OVEJA	VACA
GRASA %	3.8	7.9	3.6
SOLIDOS NO GRASOS %	8.9	12.0	9.0
LACTOSA %	4.1	4.9	4.7
PROTEÍNA	3.4	6.2	3.2
ALBUMINA, GLOBULINA %	0.6	1.0	0.6
NITRÓGENO NO PROTEÍCO %	0.4	0.8	0.2
CENIZAS %	0.8	0.9	0.7
CALORÍAS/100 ML	70	105	69

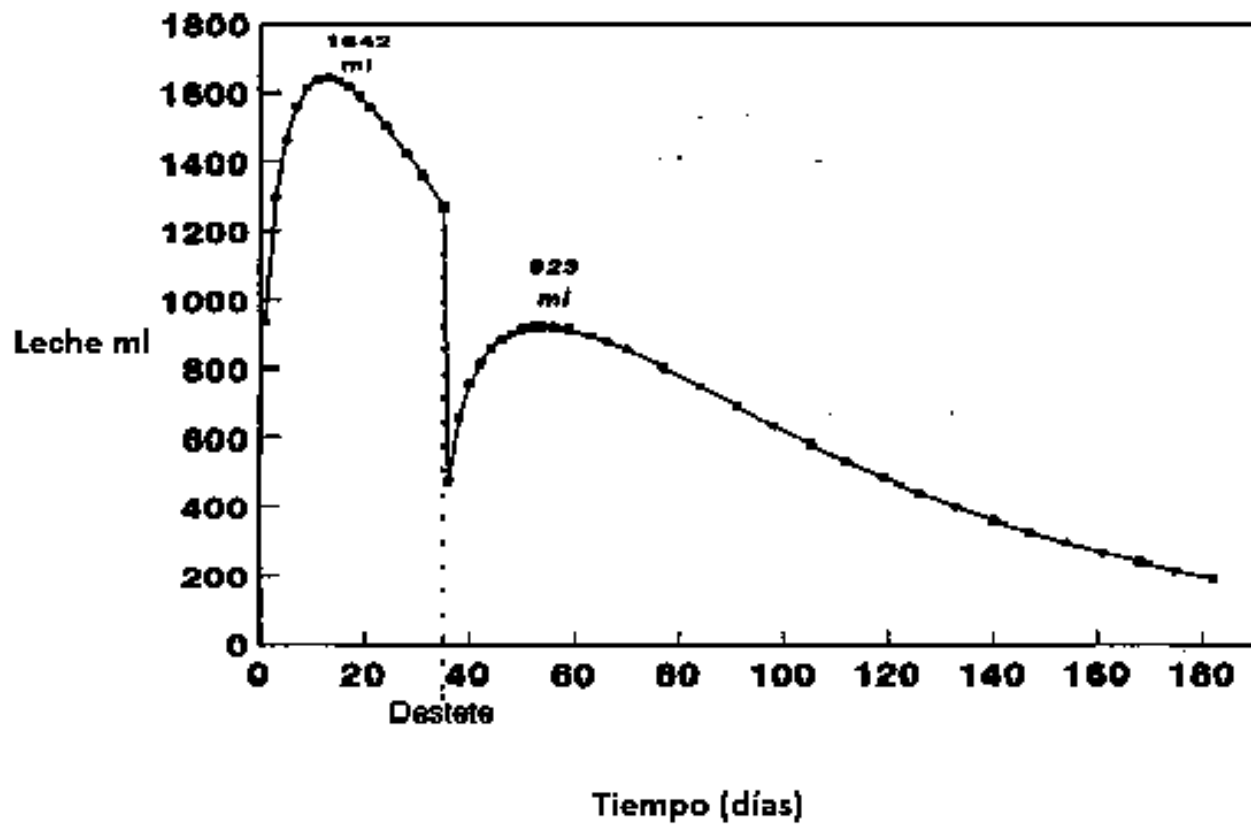
En México, no existen datos oficiales acerca del comportamiento de los sistemas de producción de leche ovina; sin embargo, datos de asociaciones de productores estiman, que en el 2010 existían 20 explotaciones con potencial para ordeñar ovejas con un inventario aproximado de 6 000 animales distribuidos en el estado de Coahuila, Estado de México, Puebla, Querétaro y Veracruz. Las razas con mayor presencia son East Friesian, Lacaune y Awassi, aunque la primera de estas goza de mayor difusión entre los ovinocultores de nuestro país en los últimos años, ya sea como raza pura o utilizándola en cruzamientos con razas locales, con la finalidad de favorecer el proceso de adaptación (Malcher, 2010; Ángeles, 2012; SIAP, 2017).

3. Composición de la leche de oveja

En general, los principales componentes de la leche de oveja: grasa, proteína y lactosa; varían de forma natural a lo largo de la lactación, siguiendo una curva similar a la de producción, aunque evolucionan de manera inversa, de tal forma que ambas curvas son casi simétricas, coincidiendo el máximo de producción con el mínimo de composición (figura 1). Dicha variación afecta tanto a la composición

química como a la composición cualitativa y cuantitativa de los ácidos grasos totales presentes en la grasa. (Velasco *et al.*, 2001; Pérez O. 2008).

Figura 1. Curva promedio de producción de leche de borrega a lo largo de la lactancia (Pérez, 2008).



3.1. Grasa

Uno de los aspectos de composición más interesantes ligados a la leche de los pequeños rumiantes, es el que se refiere a la naturaleza de su grasa. La leche de oveja y cabra presenta una grasa cuyo contenido en los llamados triglicéridos de cadena media (MCT), triglicéridos formados por ácidos grasos cuya cadena carbonada tiene entre 6 y 14 átomos de carbono, alcanzan normalmente, un porcentaje mayor del 30%, a diferencia de la leche de vaca que no alcanza de estos compuestos más del 20%. Estos MCT muestran un interés particular desde incluso un punto de vista terapéutico, a causa de su utilidad en determinadas enfermedades metabólicas (Fernández *et al.*, 2003).

3.2. Proteína

Uno de los componentes de la leche de cualquier especie más importante desde un punto de vista nutritivo, son las proteínas. Refiriéndonos a la leche de los pequeños rumiantes, existe una información contradictoria en relación con la composición de aminoácidos contenidos, encontrándose datos indicativos de una mayor concentración de lisina y/o aminoácidos azufrados, en la leche de cabra frente a la de oveja o viceversa, información que indica la variabilidad que, en el sentido indicado, estas leches pueden alcanzar. Dado que el interés de la leche de los pequeños rumiantes radica esencialmente, en que constituye una leche industrial, que se deriva en su mayor parte a la industria de transformación, especialmente para la fabricación de queso, las proteínas más interesantes resultan ser las caseínas, proteínas coagulables, que determinan el rendimiento de fabricación indicado y, por tanto, la calidad tecnológica de la leche en cuestión (Jandal, 1996).

3.3. Lactosa

La lactosa representa casi la totalidad de los glúcidos de la leche de oveja y es el tercer componente (4 - 4.5%) más importante cuantitativamente para la fermentación láctica, por la transformación en ácido láctico, responsable de la fermentación y maduración (Suárez, 2004).

4. Métodos analíticos

Numerosos métodos para determinar la composición fisicoquímica de la leche han sido investigados por la industria e instituciones académicas, debido a la necesidad de tener un método disponible que dé resultados rápidos, precisos, técnicamente simples, fácil de usar y sobre todo que estos métodos sean económicos para así evaluar adulteraciones. Debido a estas necesidades, varios métodos han venido reemplazando a los métodos convencionales en el análisis fisicoquímico de la leche en las industrias lecheras. Entre estos métodos, con ciertas ventajas y desventajas (Tabla 3), se tienen aquellos que utilizan reacciones químicas para determinar ciertos componentes de la leche, espectroscopia infrarroja, los métodos basados en técnicas inmunológicas, electroforesis, técnicas cromatográficas y técnicas moleculares (Nicolauo *et al.*, 2010).

4.1. Método Gerber

Este método consiste en separar mediante acidificación y centrifugación la materia grasa mediante lectura directa en el butirómetro estandarizado. En principio este protocolo consiste en la destrucción del estado globular de la grasa, la capa de proteína y de otras sustancias que rodean al glóbulo graso, mediante la adición de Ácido sulfúrico (H_2SO_4) diluido que precipita la caseína en determinada cantidad y una pequeña cantidad de Alcohol Amílico que facilita la separación de la grasa mediante la fuerza centrífuga (Martínez *et al.*, 2013, y Guamán, 2015).

4.2. Método ultrasonido.

El analizador de ultrasonido (Figura 2), es un aparato que al succionar una pequeña muestra de leche y la somete al paso de una onda de ultrasonido; un microprocesador traduce los resultados midiendo los siguientes parámetros:

Materia grasa, sólidos no grasos, proteína, lactosa, densidad, punto de congelamiento y agua agregada (Toapanta, 2015).

Figura 2. Aparato para análisis ultrasónico de leche de la marca lactoscan milkanalyzer.



Cuadro 3. Ventajas y desventajas del método Gerber y del ultrasónico (Vílchez et al., 2006, y Toapanta, 2015).

Método	Ventajas	Desventajas
Gerber	Posibilidad de aplicar este método a todos los tipos de leche	-Consumo de reactivos químicos -Utilización de muchos materiales -Duración de la muestra
Lactoscan	Bajo consumo de energía No requiere ácidos u otros químicos Diseño simple Tiempo de análisis 60 segundos	-Solo en algunos tipos de leche aplica -Se necesita calibrar

HIPOTESIS

La cantidad de grasa en la leche de borregas Pelibuey se encuentra dentro de los parámetros de otras razas de ovejas de carne.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar dos métodos para determinar la cantidad de grasa en leche de borregas Pelibuey, del trópico subhúmedo de México.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar la variabilidad del contenido de grasa en borregas Pelibuey
- Determinar si existe o no diferencias significativas entre los métodos analíticos ultrasonido (lactoscan Milk Analyzer) y Gerber para la determinación de grasa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar de muestreo

Las muestras se recolectaron en el rancho “El Rodeo”, localizado a 17° 84’ N, 92° 81 O y 10 msnm a 14 km del entronque de la carretera Villahermosa-Jalapa, Tabasco, México. Con un clima cálido- húmedo y una temperatura media anual de 27°C.

Animales de muestreo

Se utilizaron 50 ovejas de pelo de 2-3 años de edad, clínicamente sanas, multíparas recién paridas (15 días). Las ovejas estuvieron en confinamiento durante 45 días en corraletas, con comedero y bebedero; las ovejas fueron desparasitadas con Cydectin NF® (Pfizer, Brasil) a razón de 0.2 mg/kg PV, vía S.C. La dieta suministrada consistió en heno de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), maíz molido, soya, melaza y minerales (Tabla 4), con un estimado de energía metabolizable de 12 MJ/kg MS y 15% de proteína cruda (PC) Tabla 5 (AFRC, 1993).

Cuadro 4. *Ingredientes de la dieta.*

Ingredientes	(g/kg MS)
Pasta de soya	200
Maíz molido	330
Melaza de caña	20
Mezcla de vitaminas y minerales.	10
Heno de pasto estrella	440
Total	1000

Cuadro 5. Composición química de la dieta

Composición química	(g/kg MS)
Materia seca	887.10
Proteína Cruda	153.33
FDN	389.35
FDA	218.45
Cenizas	61.51
*EM, MJ/kg MS	12.00

Toma de muestras

Las ovejas fueron ordeñadas a partir de la segunda semana postparto, para estos los corderos fueron separados a las 7:00 pm de sus madres por un periodo de 12 horas. La ordeña fue realizada a las 7:00 am y posterior a esta, los corderos permanecieron con sus madres hasta las 19:00 pm. Las ovejas fueron ordeñadas manualmente y se aplicó una inyección intramuscular de cinco UI de oxitocina sintética (Laboratorios Aranda®).

Cada semana se tomó una muestra 50ml de leche tomada del bote de cada borrega previa homogenización de la misma, esta fue refrigerada para su posterior análisis, con un total de 179 muestras.

Análisis de la leche

Los análisis analíticos fueron realizados en el laboratorio de Nutrición y Análisis de alimentos y en el Taller de Lácteos que se encuentran en la unidad posta de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FVMZ) localizado a 19°46'15.1"N 101°09'00.7"W en Morelia Michoacán, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).

Se realizaron los métodos de Gerber y Lactoscan para analizar el porcentaje de grasa de la leche de oveja.

Método de Gerber

Este método consistió en medir con una pipeta 10 ml de ácido sulfúrico al 98% (H_2SO_4), 11 ml de leche y 1 ml de alcohol iso-amílico ($(CH_3)_2CHCH_2CH_2OH$) al 88%, para vaciarlos en el mismo orden dentro del butirómetro. Se tapó la mezcla y se puso en un vaso de precipitado en baño maría a (temperatura) por 20 min. Lo anterior para observar la medición de la grasa que se separó en el butirómetro graduado.

Figura 3. Técnica de Gerber ilustrada



Método de ultrasonido

Se utilizó el LACTOSCANS MILK ANALYZER®. Para este método se utilizaron 25 ml de muestra, la duración de análisis dentro del lactoscan duró un minuto aproximadamente. El equipo consta de un transductor, el cual alcanza el objeto a su propagación y produce al chocar con él una onda de rebote, esta se devuelve al transductor el cual genera la señal ultrasónica y suministra los datos al transmisor, este procesa la señal, que a su vez provee una salida para la indicación de la totalización del objeto. En el cual diferencia patrones de onda ultrasónica específicos a cada tipo de molécula que el transductor convierte a contenido de

Materia grasa, sólidos no grasos, proteína, lactosa, densidad, punto de congelamiento y agua agregada.

Análisis estadístico de datos

La información se analizó en un primer momento empleando técnicas descriptivas estadísticas; para evaluar la diferencia entre los promedios de cada método se hizo un análisis de varianza univariado y la comparación de los promedios se empleó una prueba de *t* de student.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Análisis de la leche de oveja Pelibuey

Cómo se puede observar en el Cuadro 6, se obtuvo un contenido promedio de grasa de 5.16% en la leche evaluada de ovejas Pelibuey mediante el análisis con el método ultrasonido y un 3.82% de grasa en el método Gerber. El valor del Lactoscan entra dentro del rango que presenta la raza Rambouillet, donde autores marcaron valores de grasa de 5.5% a 7.7% (Ganzábal *et al.*, 1991; Ochoa *et al.*, 2007; Sakul *et al.*, 1992; Sosa *et al.*, 2005). Sin embargo, resultados obtenidos en razas de carne, como en la Suffolk son mayores con 6.4 % a 9.5% de grasa (Ganzábal *et al.*, 1991, y Peeters *et al.*, 1996; Sosa *et al.*, 2005), o en Dorset, donde Ochoa *et al.* (2007) manejan valores de 6.5% de grasa.

Los valores de proteína de 3.24% obtenidos en esta raza, se encuentran inferiores comparándolos con otras razas como la Suffolk con 5 a 6% (Ganzábal *et al.*, 1991, y Peeters *et al.*, 1996) o en Dorset con 6% a 6.5% de proteína (Ganzábal *et al.*, 1991; Sakul *et al.*, 1992; Ochoa *et al.*, 2007), incluso con ovejas Rambouillet donde han obtenido valores de proteína que van del 5.2% a 6.1% (Ganzábal *et al.*, 1991; Sakul *et al.*, 1992; Ochoa *et al.*, 2007)

La diferencia en la composición de leche de la oveja Pelibuey en comparación con otras razas, podría estar influenciado dependiendo el estado de lactancia en que fueron realizados los estudios y no relacionado con la raza. Esto debido a que, al inicio de la lactancia, aumentan los valores de grasa y proteína especialmente por estar presente el calostro en animales como vacas, cabras o borregas (Haenlein, 1996, y Pérez O. 2008), y en el presente estudio las muestras fueron tomadas durante todo el periodo de lactancia y no solo en un tiempo determinado.

También existe una gran diversidad de factores que determinan la concentración de cada uno de los componentes de los sólidos totales de la leche, factores que pueden agruparse en endógenos: raza, biotipo, edad, etapa de lactancia, estado nutricional interno y exógenos: medio ambiente en que está el animal, que involucra clima,

nutrición alimentación, manejo zootécnico, manejo sanitario, etc. (Balthazar et al., 2017; Kotsampasi et al., 2017; Manterola, 2007). Por lo que en posteriores estudios se podría aumentar variables para determinar si hay cambios en la composición de leche dependiendo los factores antes mencionados.

Cuadro 6. Composición de proteína, grasa, solidos totales y lactosa en la leche de oveja Pelibuey (Media±DE)

Composición de Leche de borrega Pelibuey	LACTOSCAN (Media±DE)	GERBER (Media±DE)
GRASA gr/100 ml	5.16±	3.82±
DENSIDAD gr/100 ml	31.66±	
SNF gr/100 ml	9.58±	
LACTOSA gr/100 ml	5.39±	
SOLIDOS gr/ 100 ml	0.91±	
PROTEINA gr/100 ml	3.24±	

b) Comparación de métodos para análisis de grasa en leche

Se hicieron tablas de frecuencias e histogramas en donde se observa que en el caso del método Gerber la distribución de datos se aproxima a la distribución normal, así mismo se observa en el caso del método del Lactoscan tiene un sesgo positivo, indicando la tendencia a tener valores superiores. En el caso del método Gerber casi el 70% de los datos observan valores de porcentaje de grasa entre 2.1 y 4.5; en el caso del lactoscan mas, del 70% de los valores observaron valores entre 4.6 y 7% de grasa. No obstante, el método que observo menor repetibilidad y reproducibilidad fue el método Gerber por lo que es poco consistente bajo las condiciones del presente trabajo.

Figura 4. Histograma de frecuencia de los datos de grasa obtenidos por el Método Gerber clasificados en el % de grasa.

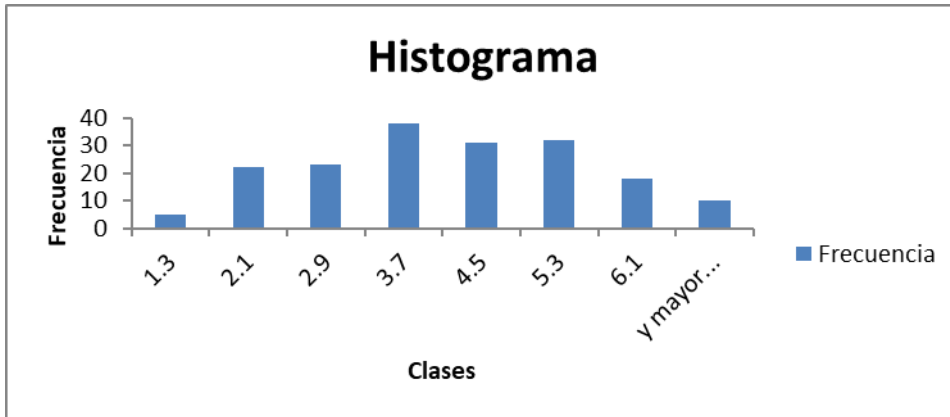
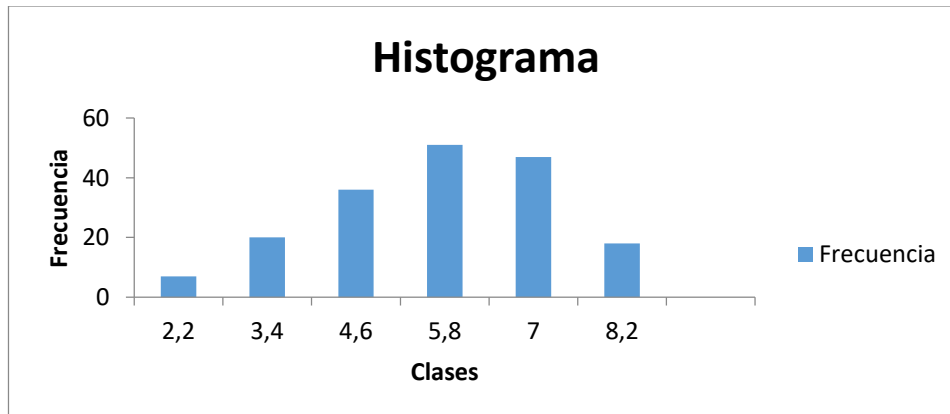
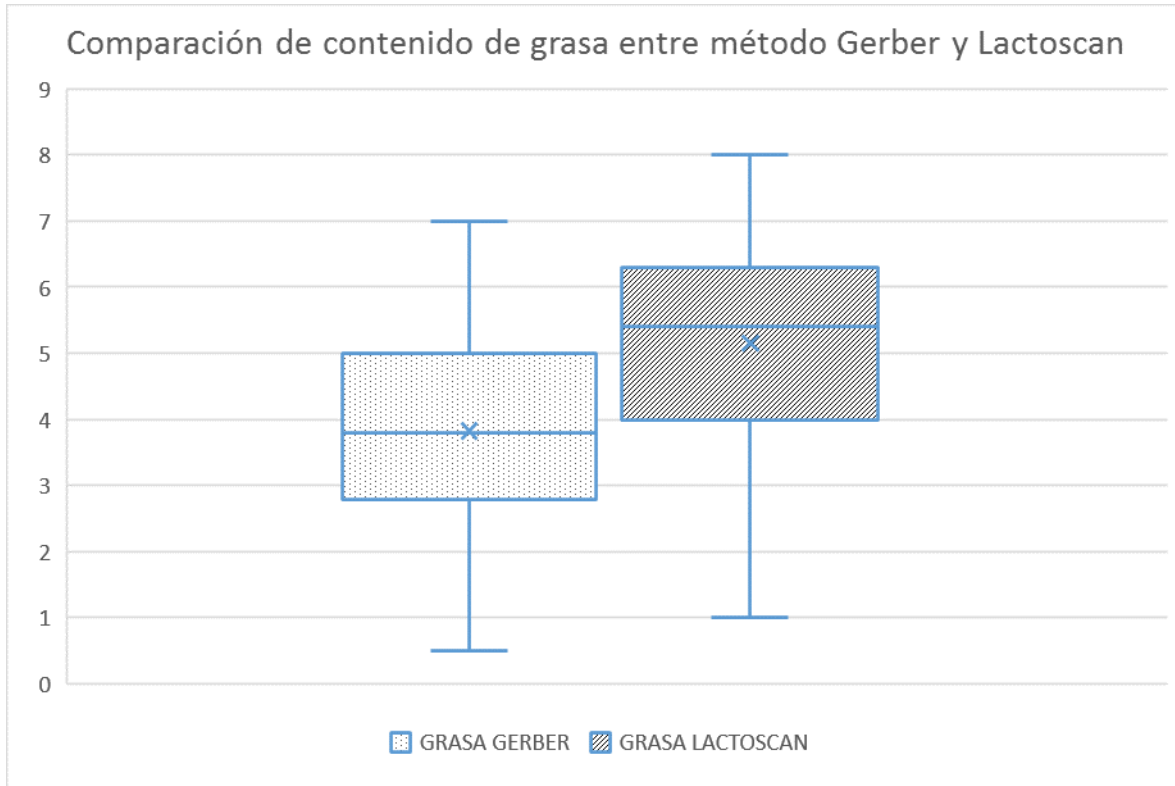


Figura 5. Histograma de frecuencia de los datos de grasa obtenidos por el Método Lactoscan clasificados en el % de grasa.



En la Figura de Caja y Bigotes se observa de los cuartiles 2 y 3 son menores en el método Gerber que con los determinados usando el Lactoscan. También que se observa que los datos obtenidos con el método del Lactoscan no tienen una aproximación normal. Por lo que se confirma que este método es más vulnerable a tolerar errores con muestras de leche mal manejadas.

Figura 6. Gráfica de Caja y Bigote en la comparación de métodos de determinación de grasa de la leche de borregas Pelibuey. Eje x % grasa



Cuadro 7. Análisis de Varianza para comparar los métodos de evaluación de grasa en leche de borregas Pelibuey.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	157.824832	1	157.824832	69.7142759	1.5413E-15	3.8677122
Dentro de los grupos	805.941676	356	2.26388111			
Total	963.766508	357				

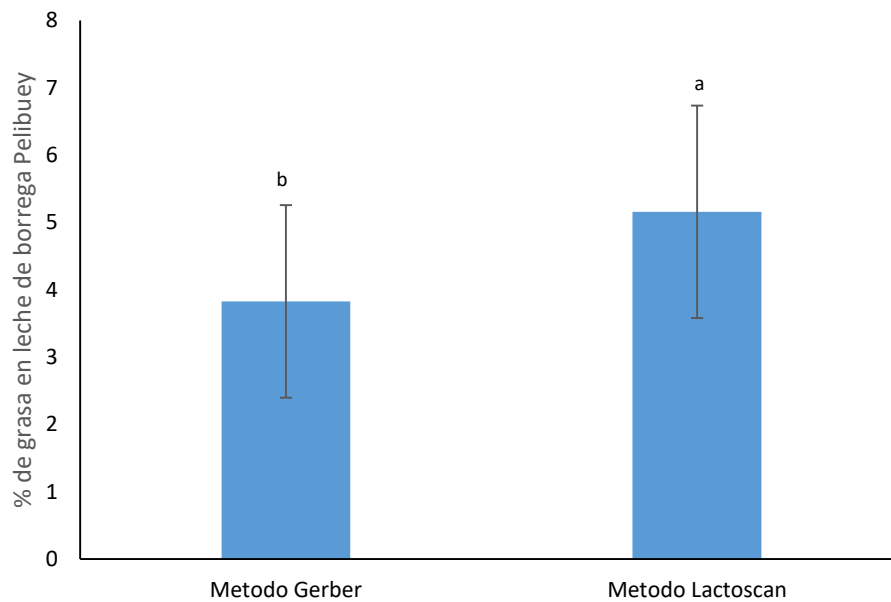
Cuadro 8. Prueba de *t* Student en la comparación de los promedios del contenido de grasa en la leche de borregas Pelibuey comparando dos métodos para su determinación.

	<i>GRASA GERBER</i>	<i>GRASA LACTOSCAN</i>
Media	3.82793296	5.15586592
Varianza	2.04370975	2.48405248
Observaciones	179	179
Coeficiente de correlación de Pearson	0.62409689	
Diferencia hipotética de las medias	1.32	
Grados de libertad	178	
Estadístico <i>t</i>	27.0490124	
P(T<=t) una cola	2.9471E-65	
Valor crítico de <i>t</i> (una cola)	1.65345913	

En la comparación de dos métodos para el análisis en el porcentaje de grasa, de acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 7), se observan diferencias estadísticas entre los dos métodos de determinación de grasa ($P < 0.0001$), además de variabilidad pequeña en el error experimental. Considerando los resultados de la prueba de *t* para la comparación de medias, se observan diferencias estadísticas entre los valores obtenidos, bajo esta consideración el valor del Lactoscan observa un promedio mayor ($P < 0.0001$). Esta diferencia se puede deberse a diferentes factores, sin embargo, el principal factor y más probable es debido a un posible mal manejo de las muestras dado que al ser recolectadas y se llevaron a refrigerar por periodos de dos a tres meses. Aunque Topoana (2015) no encontró diferencias en el análisis de grasa y proteína en leche con tres métodos diferentes, incluidos el método Gerber y el de lactosa. Vilchez *et al.*, (2006) y Guamán (2015) recomiendan

el uso de aparatos que usen el método de ultrasonido ya que en sus estudios concluye que es mejor debido a sus ventajas como: bajo consumo de energía, no requiere ácidos u otros químicos, tiene diseño simple y el tiempo de análisis es de 60 segundos, esto a comparación con el método tradicional Gerber, donde el tiempo para ejecutar el análisis de una muestra lleva alrededor de 30 minutos, además de usar H_2SO_4 , el cual es un ácido muy corrosivo y riesgoso para la salud humana (Piñeros *et al.*, 2002; Vélchez *et al.*, 2006; Guamán, 2015).

Figura 7. Diferencias en cantidad de grasa en leche de oveja medida con el método Gerber y por ultrasonido (Lactoscan).



ab Diferencias estadísticas ($p < 0.0001$)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la utilización de dos métodos, para la determinación de grasa por medio del método Gerber y Lactoscan los resultados obtenidos en la raza pelibuey, no fueron consistentes en los dos métodos, pero sí se observaron diferencias significativas entre ellos, siendo los valores del Lactoscan los que más se apegaron a lo que ha reportado en otros estudios.

Las pruebas de correlación estadística muestran una dispersión entre el método Lactoscan y Gerber, en el caso del método gerber el 70% de los datos tienen porcentajes de grasa entre 2.1 y 4.5; en el caso de lactoscan más del 70% de los valores se observaron entre 4.6 y 7% de grasa, en donde se puede observar la señalada inconsistencia.

De las variaciones que se pueden observar en la determinación de grasa, tales como esquema de alimentación, etapa fisiológica de las borregas, línea genealógica, época del año, muchos autores apuntan la importancia en el manejo de las muestras y así como su posterior procesamiento. Es muy probable que las diferencias encontradas en el presente trabajo sean debido a la poca consistencia en el manejo de las muestras de leche, desde su obtención hasta su procesamiento para el análisis de la grasa butírica.

Considerando el tiempo y el número de muestras, el uso del equipo Lactoscan Milk analyzer, pues al compararlo con el método tradicional (Gerber) el tiempo para ejecutar el análisis de una muestra lleva alrededor de 30 minutos, mientras que al realizar el mismo análisis con el equipo se obtienen resultados inmediatos.

Se recomienda que para la utilización del lactoscan antes de correr las muestras en el equipo estén homogéneas y a una temperatura adecuada de $40^{\circ}\text{C}\pm 2$. No utilizar muestras de leche descongeladas por que presentan datos falsos como resultado.

Así mismo es recomendable verificar que el método de prueba Gerber se apegue a lo señalado por la Norma Oficial Mexicana en virtud de las implicaciones tanto de control de procesos como de índole legal; en ambos casos se recomienda seguir un cronograma de calibración para evitar introducir errores sistemáticos en los análisis.

BIBLIOGRAFIA

AFRC. (1993) *Energy and Protein Requirements of Ruminants*. An advisory manual prepared by the AFRC. Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB INTERNATIONAL, Wallingford, UK. p.11-15.

Agudelo, G.D.A., Bedoya Mejía, O., (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de investigación*, 2 (1): 38-42.

Aguilar, Martínez, CU., Berruecos, Villalobos, J. M., Espinoza, Gutiérrez, B., Segura, Correa, J. C., Valencia, Méndez, J., Roldán, Roldán, A. (2017). ORIGEN, HISTORIA Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA OVEJA PELIBUEY EN MÉXICO. *Agroecosistemas tropicales y subtropicales*. 20 (3), 429-439.

Alais, C.H., (1985). *Ciencias de la leche*. Ed. Reverté, Barcelona, España. (4): 459-521.

Althaus, R.L., Sosa, J., Gapel, C., Scaglione, L., Moreyra, E., Coraza, M., (2001). Leche y calostro de ovejas Corriedale: Composición química y mineral. *Fave*, 15 (1): 7-13.

Angeles, H.J.C., Gonzales Ronquillo, M., Perez Rocha Malcher, J., Angeles Campo, S., Garcia W.L.R. (2014). Produccion de leche de oveja en México. *La revista del Borrego*. Numero 82.

Assenat, L. (1991). Leche de oveja: Composición y propiedades. En: *La leche. De la mama a la lechería*. (F. M. Luquet ed.) Ed Acribia, Zaragoza, pp. 277-313.

Báez, C. O., Hernández, H. J. D., & Ayala, O. J. (2012). Crecimiento predestete de corderos de tres grupos raciales. p. 3-13.

Balthazar, C. F., Pimentel, T. C., Ferrão, L. L., Almada, C. N., Santillo, A., Albenzio, M., Freitas, M. Q. (2017). Sheep Milk: Physicochemical Characteristics and Relevance for Functional Food Development. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2): 247-262.

Buseti, M.V.M., Anguil, I.N.T.A., (2006). La CALIDAD en la LECHE de OVEJA. Boletín de Divulgación Técnica INTA, (90): 206-214.

Calderón, R., Rodríguez, R., Vélez, R., (2007). Evaluación de la calidad de leches en cuatro procesadoras de quesos en el municipio de montería, Colombia. Revista MVZ Córdoba, 12(1): 912-920.

Catálogo de laboratorio. Análisis para Lácteos - Gerber, F. (1904). Catálogo de laboratorio. Análisis para Lácteos. Berlin: Funke-Dr.N. Gerber Labortechnik GmbH.

Del Ángel, G. E. G., Gallegos, E. C., Lazo, C. C., & Besten, J. M. (1991). Efecto del nivel de complementación sobre la ganancia de peso de corderos Pelibuey estabulados. *Vet. Méx*, 28(2), 137-145.

Fernández, J. R., Carmona, F.D., Boza, L.J., Adarve, T., Ramos Morales, E., Sanz, S.M.R., (2003). Calidad de la leche de los pequeños rumiantes. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 16 (1): 155-166.

Ganzábal, A., Montossi, F., (1991). PRODUCCION DE LECHE OVINA, Situación actual de la producción mundial y perspectivas en el Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). p. 5-6.

García-Díaz, L.K., Mantecón, Á.R., Sepúlveda, W.S., Maza, M.T., (2012). Producción de leche ovina como alternativa de negocio agropecuario: modelo de producción en Castilla y León (España). *Revista Mexicana de Agronegocios*, 16 (31): 6-18.

Guamán, O.N.P., (2015). Comparación de los métodos convencionales y equipo digital ultrasónico (EKOMILK), en el análisis fisicoquímico de leche cruda, aplicando el Método Estadístico de Bland-Altman” (Bachelor's thesis, Quito: UCE). p. 30-40.

Haenlein, G.F.W., (1996). Nutritional value of dairy products of ewe and goat milk. *International Dairy Federation special issue*, (3): 159-178.

Haenlein, G.F.W., (2007). About the evolution of goat and sheep milk production. *Small Ruminant Research*, 68 (1): 3-6.

Hernández-Castellano, L.E., Moreno-Indias, I., Morales-delaNuez, A., Sánchez-Macías, D., Torres, A., Capote, J., Castro, N. (2015). The effect of milk source on body weight and immune status of lambs. *Livestock Science*, (175): 70-76.

Jandal, J. M. (1996). Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 22 (2): 177-185.

Kotsampasi, B., Bampidis, V. A., Christodoulou, C., Theophilou, N., Christodoulou, V. (2017). Effect of dietary polygorskite on performance of lactating ewes. *Applied Clay Science*, (143): 76-79.

Malcher, J.P.R. (2010). Producción de leche de oveja y su valor agregado. Reunión del comité Nacional del Sistema Producto Ovinos. 22 de Noviembre 2010. D.F. MEXICO. p. 22-30.

Manterola, H. (2007). Manejo nutricional y composición de la leche. El desafío de incrementar los sólidos totales en la leche. Una necesidad de corto plazo. Circular de extensión Técnico Ganadera. Universidad de Chile, (33): 1-20.

Martínez, E.M.G., Segovia, I. F., López, A.F. (2013). Determinación del contenido en grasa de la leche por el método Gerber. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. p. 2-3.

Martínez, G. S., Aguirre, A. J., Gómez Danés, A. A., Ruíz, F. M., Lemus, F. C., Macías, C. H., Ramírez, L. M. H. (2010). Tecnologías para mejorar la producción ovina en México. *Revista Fuente*, (5): 41–51.

Morais, J., Guamis López, B., Buffa, M.N. (2004). Estudio de adecuación de cepas lácticas autóctonas aisladas de leche cruda de oveja guirra para la elaboración de queso. Universidad Autónoma de Barcelona. p. 31-32.

Napolitano, F., De Rosa, G., Sevi, A. (2008). Welfare implications of artificial rearing and early weaning in sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 110 (1): 58-72.

Nicolaou, N., Xu, Y., Goodacre, R. (2010). Fourier transform infrared spectroscopy and multivariate analysis for the detection and quantification of different milk species. *Journal of Dairy Science*, 93(12): 5651-5660.

Ochoa C.M.A., Torres Hernández, G., Mandeville, P.B., Díaz Gómez, M.O., (2007). Effects of physiological and management factors on the milk composition of Rambouillet ewes. *Agrociencia, Colegio de Postgraduados Texcoco, México*, 41(3): 263-270.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2013) (En línea). Producción animal, Ganadera y medio ambiente, Nutrición. <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/273897/>

(Consultado el 15 de agosto del 2017).

Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W., (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1): 88-113.

Partida de la Peña, J. A., Braña Varela, D., Jiménez Severiano, H., Ríos Rincón, F. G., Buendía, R.G. (2013). Producción de carne ovina. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. p. 21-38.

Peeters, R., Buys N., Robijns, L., Vanmontfort, D., Van Isterdael, J. (1992). Milk yield and milk composition of Flemish Milkshew, Suffolk and Texel ewes and their crossbreds. *Small Ruminant Research*, 7(4), 279-288.

Pérez Kirenia, C., Fonseca, N. F., Vázquez, J. A., Niurky Rojas, G., Botello, A. L., Fernández, J. L., Miranda, M.C. (2011). Caracterización de indicadores bioproductivos del ovino Pelibuey en el municipio de Pílon. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, 12 (6): 2-7.

Pérez O.L., Caja López, G., Such, I., Martí, F. X. (2008). Alimentación y manejo de ovejas lecheras. Universidad Autónoma de Barcelona. p. 12-14.

Piñeros, J. L., Calderón, W., Castillo, P., (2002). Quemaduras químicas. *Cuad. cir. (Valdivia)*, 16 (1): 26-30.

PROGAN. (2010) (En línea). Programa Nacional Ganadero. SAGARPA. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Programas/Paginas/PROGRAM.aspx>

Ríos, U.Á., Calderón, R.R., Lagunes, L.J., Oliva, H.J. (2014). Ganancia de peso predestete en corderos Pelibuey y sus cruces con Blackbelly, Dorper y Katahdin. *Nova scientia*, 6(12): 272-286.

Ronquillo, M. G., Servín, M. B. R., Hernández, J.C.Á. (2012). Calidad de la leche de oveja primera parte. Características de la leche ovina y factores que afectan su calidad. Departamento de Nutrición y Bromatología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. 5-21.

Sakul, H., Boylan, W. J. (1992). Evaluation of US sheep breeds for milk production and milk composition. *Small Ruminant Research*, 7(3): 195-201.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), (2015) (En línea). Estadísticas de Producción Pecuaria. Ganado Ovino. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria> (Consultado el 1 de septiembre del 2017).

Sosa, J., Althaus, R.L., Scaglione, L.M., Roldan, V., Moreyra, E., (2005). Composición química y mineral de la leche de ovejas Corriedale y Hampshire down. *FAVE*, 15(2): 7-1

Suárez, V. (2004). Lechería Ovina y Raza Pampina. *IDIA XXI–Ovinos*, 4(7): 194-200.

Toapanta, P. T. (2015). Estudio comparativo de tres métodos analíticos para la determinación de grasa en leche cruda (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Tudisco, R., Mastellone, V., Cutrignelli, M. I., Lombardi, P., Bovera, F., Mirabella, N., Infascelli, F. (2010). Fate of transgenic DNA and evaluation of metabolic effects in goats fed genetically modified soybean and in their offsprings. *Animal*, 4(10): 1662-1671.

Valdés, G.Y.S., Núñez, G.L.E., Escalera, V.F., Plascencia, J.A., Barreras, S.A., Corona, G.L., Loya O.J.L. (2016). Efecto del reemplazo de pasta soya por harina de pescado elaborada manualmente sobre comportamiento productivo de ovejas Pelibuey lactando y sus crías. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 48 (2), 159-166

Velasco, S., Cañeque, V., Díaz, M. T., Pérez, C., Lauzurica, S., Huidobro, F., González, J., (2001). Producción lechera y composición lipídica de la leche de ovejas Talaveranas durante el período de lactancia. *Investigación agraria: Producción y Sanidad Animales*, 16(1):181-192.

Vílchez Rugama, I. D. L. C., Morales García, C. L. (2006). Comparación entre el método volumétrico de Babcock con la técnica del analizador ultrasónico Ekomilk para la determinación de materia grasa en leche de vaca estandarizada. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAM-LEON.

Zygoyiannis, D. (2006). Sheep production in the world and in Greece. *Small Ruminant Research*, 62(1), 143-147.