

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA**



**EVALUACIÓN DE DOS FUENTES DE AZUFRE EN LA
DIETA DE BOVINOS, SOBRE LA PRODUCCIÓN Y LA
CALIDAD DE LA LECHE**

HORACIO GUILLERMO PICHARDO GUTIERREZ

Licenciado en Zootecnia

GUATEMALA, MAYO DE 2019

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA**



**EVALUACIÓN DE DOS FUENTES DE AZUFRE EN LA DIETA DE
BOVINOS, SOBRE LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DE LA
LECHE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD

POR

HORACIO GUILLERMO PICHARDO GUTIERREZ

Licenciado en Zootecnia

GUATEMALA, MAYO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
JUNTA DIRECTIVA

DECANO	M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil
SECRETARIO	Dr. Hugo René Pérez Noriega
VOCAL I	M.Sc. Juan José Prem González
VOCAL II	Lic. Zoot. Edgar Amílcar García Pimentel
VOCAL III	Lic. Zoot. Alex Rafael Salazar Melgar
VOCAL IV	Br. Yasmin Adalí Sian Gamboa
VOCAL V	Br. Maria Fernanda Amézquita Estévez

ASESORES

M.Sc. CARLOS ENRIQUE SAAVEDRA VÉLEZ

M.A. CARLOS ENRIQUE CORZANTES CRUZ

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DE DOS FUENTES DE AZUFRE EN LA DIETA DE BOVINOS, SOBRE LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DE LA LECHE

Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como requisito previo a optar al título de:

LICENCIADO EN ZOOTECNIA

ACTO QUE DEDICO A:

A: Dios Todo Poderoso.

A: La Santísima Virgen María.

A MIS PADRES: Arturo Pichardo Solís. (Q.E.P.D.) y
María Del Carmen Gutiérrez De Pichardo
(Q.E.P.D.).

A MIS HERMANOS: Zully Nohemy, Maria Aida, Arturo Giovany y
Carmen Graciela.

A MI ESPOSA: Silvia Patricia Sologaistoa de Pichardo.

A MIS HIJOS: Marcelo, Victoria y Ximena.

A LAS FAMILIAS: Pichardo Gutierrez y Gutierrez Marroquin.

A: Todos mis amigos en la Escuela de Zootecnia.

A: Mis amigos en general.

AGRADECIMIENTOS

- A MIS PADRES:** Por su eterno amor y apoyo incondicional.
- A MIS HERMANOS:** Por su apoyo y comprensión en todo momento.
- A MIS ASESORES:** Con admiración y respeto, por su amistad, profesionalismo y apoyo moral.
- A:** M.Sc. Carlos E. Saavedra, por su amistad y valioso apoyo profesional.
- A:** M.Sc. Axel J. Godoy D., por su amistad y valiosa orientación profesional.
- AL:** Sr. José María Morales, Finca San Jerónimo, por su valioso y desinteresado apoyo en la realización de la presente investigación.
- A:** Todos los catedráticos de la facultad, amigos todos que confiaron en mí.
- Y EN ESPECIAL:** A todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron con su grano de arena en la realización de la presente tesis. A TODOS MIL GRACIAS.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. HIPÓTESIS.....	2
III. OBJETIVOS.....	3
3.1 Objetivo general.....	3
3.2 Objetivos específicos.....	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
5.1 Materiales.....	9
5.1.1 Recursos humanos.....	9
5.1.2 Recursos biológicos.....	9
5.1.3 Recursos de oficina.....	9
5.1.4 Centros de referencia.....	10
5.2 Metodología.....	10
5.2.1 Localización.....	10
5.2.2 Animales.....	10
5.2.3 Alimentación.....	11
5.2.4 Muestreo para medir la ración de los animales durante el experimento.....	11
5.2.5 Tratamiento.....	12
5.3 Variables.....	12
5.3.1 Producción de leche.....	13
5.3.2 Calidad de la leche.....	13
5.4 Diseño experimental y análisis estadístico.....	13
5.5 Análisis económico.....	14
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
6.1 Producción de leche.....	16
6.2 Porcentaje de proteína.....	17

6.3	Porcentaje de grasa.....	18
6.4	Porcentaje de sólidos totales.....	19
6.5	Análisis económico.....	20
VII.	CONCLUSIONES.....	23
VIII.	RECOMENDACIONES.....	24
IX.	RESUMEN.....	25
	SUMMARY.....	26
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.

Ración de los animales durante el experimento en base a la materia seca.....11

Cuadro 2.

Tratamientos12

Cuadro 3.

Distribución de los tratamientos al azar, de acuerdo a varios, grupos y periodos de evaluación utilizados en el estudio..... 13

Cuadro 4.

Resultados del análisis de varianza para los tratamientos evaluados, testigo, con flor de azufre y con sulfato de sodio..... 15

Cuadro 5.

Análisis económico de la Planta Procesadora "1" para los tratamientos evaluados, testigo, con flor de azufre y con sulfato de sodio..... 21

Cuadro 6.

Tasa Marginal de Retorno de la Planta Procesadora "1" para los tratamientos evaluados, testigo, con flor de azufre y con sulfato de sodio 22

Cuadro 7.

Análisis económico de la Planta Procesadora "2" para los tratamientos evaluados, testigo, con flor de azufre y con sulfato de sodio..... 22

ÌNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Promedio de producción de leche obtenida por tratamiento en kilogramos (kg).....	16
Figura 2. Porcentaje promedio de proteína contenida en la leche de los tratamientos evaluados.....	17
Figura 3. Porcentaje promedio de grasa contenida en la leche de los tratamientos evaluados.....	18
Figura 4. Porcentaje promedio de sólidos totales contenidos en la leche de los tratamientos evaluados.....	19

I. INTRODUCCIÓN

La mayor proporción de leche fluida que se produce y se consume en Guatemala proviene de ganaderías bovinas de doble propósito (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación [MAGA], 2018).

Durante la época seca, la escasez de pasto obliga al productor a utilizar varias opciones alimentarias tales como el ensilaje, caña de azúcar, napier, sorgo, guatera entre otros; así como algunos subproductos agroindustriales y productos inorgánicos como la urea; todos con el propósito de no reducir la producción de carne y leche, o simplemente para que sus animales no mueran.

Se han descubierto las bondades de incluir algunos productos inorgánicos en la dieta de rumiantes y un ejemplo de ellos es el azufre, el cual se sabe que aparte de producir un efecto benéfico en la flora ruminal que repercute en una mejora de la producción y calidad de la leche, es además práctico en su suministro.

De acuerdo a lo anterior, se espera generar información sobre la respuesta que pueda derivarse de la inclusión de dos fuentes de azufre en la dieta de vacas de doble propósito, en lo que respecta a incremento en la cantidad y calidad de la leche.

II. HIPÓTESIS

La utilización de dos fuentes de azufre en dietas para ganado lechero, no afecta la producción y la calidad de la leche.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Aportar conocimientos sobre la utilización de azufre en la alimentación bovina.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar si el uso de dos fuentes de azufre en la dieta, mejora la producción y calidad de la leche en términos de incremento diario posterior al pico de lactancia y porcentajes de proteína, grasa y sólidos totales.
- Evaluar económicamente el uso de dos fuentes de azufre en la dieta mediante la tasa marginal de retorno.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

El contenido corporal de azufre en las especies animales, es de aproximadamente 0.15% (Hafez y Dyer, 1972; Maynard et al., 1981). El azufre es un componente integral de los aminoácidos, metionina, cistina y cisteína, como también de las vitaminas biotina y tiamina (Hafez y Dyer, 1972; Voisin, 1961), estos aminoácidos pueden ser utilizados por el cuerpo para la síntesis de glutatión y la insulina, que son sustancias azufradas reguladoras del metabolismo (Maynard et al., 1981). Así mismo, forman parte de la ergotionina y taurina derivados de proteínas con ácidos azufrados, además se encuentran en muchos tejidos animales en forma de sulfatos como en la sangre y cartílagos (Shirley y Pagnett, 1978; Maynard et al., 1981).

Tres funciones desempeñan esencialmente el azufre en el organismo; plástica: integrando formaciones epidérmicas; en procesos de óxido reducción y como desintoxicante (Flores, 1983).

Los minerales en general son ofrecidos para atender las necesidades de los rumiantes, pero indirectamente suplen las necesidades de los microorganismos a través de:

- Un efecto tamponante sobre el contenido ruminal, manteniendo un pH fisiológico adecuado para la acción de los microorganismos.
- Mantenimiento del potencial de óxido-reducción necesario.
- Mantenimiento de la presión osmótica a nivel del rumen.
- Favorecer la multiplicación de los microorganismos.

Estudios en bovinos demostraron que las bacterias del rumen son capaces de utilizar el azufre en forma de sulfatos para la síntesis de aminoácidos azufrados (Maynard et al., 1981; Flores, 1983; Andriquetto et al., 1985), de los cuales es

extraído casi en su totalidad de metionina y cistina. A ciertos niveles de oxidación de los sulfatos y sulfidos, el azufre entra por las rutas que lo llevan hacia el metabolismo.

Formas de azufre tales como el tiosulfato, polidosulfido o azufre elemental deben de ser oxidados a sulfato o reducidos a sulfido antes de ser utilizados por los microorganismos para la síntesis de aminoácidos azufrados. Lo cual evidencia la importancia que tiene para los microorganismos del rumen, la fuente de azufre a la cual tengan acceso (Shirley y Padgett, 1978).

La actividad microbiana del rumen reduce el valor nutritivo de proteína de alta calidad, mientras proteínas de baja calidad aumentan su valor nutritivo en presencia de nitrógeno y azufre inorgánico (Shirley y Padgett, 1978).

En vacas lecheras también se demostró que el azufre inorgánico es más eficiente que las formas orgánicas y que las combinaciones de éstas (Andriquetto et al., 1985).

Diversos estudios muestran que el azufre inorgánico administrado por vía oral puede ser utilizado por los rumiantes para la síntesis de metionina y cistina (Church, 1974; Andriquetto et al., 1985). Weir y Rending (1954), indicaron claramente que la administración ruminal de azufre da lugar a una mayor absorción del mismo en el tracto gastrointestinal que la administración duodenal.

La incorporación de azufre en proteínas por los rumiantes fue demostrada a través de un elemento marcado, donde el S 35 fue transferido para los aminoácidos de la leche, lana, sangre y tejidos. Al respecto hubo respuesta similar en el azufre dado en forma de metionina, como de sulfato. El azufre elemental demostró poseer apenas un tercio de actividad, comparativamente (Church, 1974; Andriquetto et al., 1985).

Gil, Shirley y Moore, (1973) trabajando con bacterias del rumen in vitro, fermentando glucosa, y urea como única fuente de nitrógeno, observaron que de los 18 aminoácidos que se probaron, solo los aminoácidos azufrados y el hidroxianálogo de metionina estimularon la síntesis de materia seca y utilización de glucosa por bacterias. El sulfato inorgánico fue tan efectivo como el hidroxianálogo de metionina y D-L metionina estimulando la síntesis de proteína solo cuando la fermentación se prolongó por más de 18 horas con almidón y 24 horas con celulosa usando urea como la única fuente de nitrógeno (Shirley y Padgett, 1978).

En los rumiantes, los sulfatos-cistina, metionina y sulfuro de hidrógeno constituyen las principales fuentes de azufre (Hafez y Dyer, 1972).

Lascano (1983) encontró un efecto positivo en el consumo y aceptación de algunas gramíneas y leguminosas por animales debido a la fertilización con súper fosfato o con calcio y azufre. Martin (1964) efectuando experimentos a corto plazo en novillos, con dietas deficientes en azufre, observó que la digestibilidad de la celulosa se redujo en un 95%.

Stobbs, (1969) evaluó praderas de gramíneas y gramíneas-leguminosas con y sin fertilizantes inorgánicos (N P K y S), las praderas de gramíneas-leguminosas que recibieron P y S produjeron ganancias de peso equivalentes a las de praderas de gramíneas que recibieron 156.94 Kg de Nitrógeno/ Ha.

Chalupa, Oltjen y Dinius (1973) encontraron mejores ganancias de peso con novillos Angus, cuando se agregó sulfato de sodio para incrementar el azufre dietético de 0.05% a 0.13%. Bouchard y Conrad (1973), observaron que las dietas bajas en azufre como las dietas superiores a 0.3% de azufre en la ración reducían el consumo de materia seca, su digestibilidad y producción de leche. Concluyendo que con 0.18% de azufre permite una producción adecuada en vacas de entre 8 Kg y 36 Kg de leche.

Hahlon, Meiske y Goodrich (1975) elaboraron para corderos dietas semipurificadas suplementadas con D-L metionina, hidroxianálogo de metionina, sulfato de calcio, sulfato de sodio, o azufre elemental, dando dichas fuentes mejores ganancias de peso, mayor consumo de materia seca, nitrógeno y azufre retenidos; que corderos alimentados con dietas deficientes en azufre en las cuales los animales fueron removidos del experimento después de 90 días, debido a pérdidas severas de peso. Los animales que consumieron azufre de las fuentes de sulfato digirieron grandes porcentajes de su dieta en base a materia seca de 76.1% a 80.9% más que los que consumieron dietas deficientes de azufre.

Bull y Vandersall (1973) estudiando el efecto del sulfato de sodio, D-L metionina y análogo de hidroximetionina, determinaron que el azufre suplementado fue más disponible que el azufre proveniente de la dieta. Todas las fuentes incrementaron el balance de nitrógeno, vacas que consumen 22 Kg de materia seca pueden aumentar la energía digestible suficiente para la producción de 2 Kg de leche con 4% de grasa por día.

Trabajos en la Unión Soviética (Tisdale s.f.) indicaron que la suplementación de vacas lecheras con 30 gramos de sulfato de sodio/día durante 30 días incrementó los sólidos, grasa y caseína de la leche. Otros mostraron que suplementando 0.03 gramos de azufre elemental por Kg de peso se aumentó el contenido de vitamina A de la leche en un 62.5%.

Moir y otros (1967) calcularon en bovinos que una ración conteniendo 11% de proteína requería de 0.176% de azufre basado en la necesidad de una relación N: S de 10:1. Andriquetto et.al (1985) indicaron que la relación es de 15:1. Jacobson et.al. (1967) determinaron en vacas lecheras que con las raciones de 0.13% de azufre se obtenían las mejores respuestas.

Barton et.al. (1971) reportó también que cerca del 0.18% de azufre como sulfato en el total de la ración en base de materia seca fue óptimo para la digestión de celulosa.

En los rumiantes puede presentarse eventualmente una deficiencia de azufre si la proteína es sustituida por nitrógeno no proteico, por lo que ha sido especialmente beneficiosa la adición de azufre elemental o como sulfatos a dietas deficientes y en las que se ha sustituido una parte de la proteína por urea (Hafez y Dyer, 1972; Maynard et al., 1981; Andriquetto et.al., 1985).

En vacas lecheras la deficiencia de azufre constituye un problema cuando se utilizan grandes cantidades de ensilaje de maíz (Andriquetto et al., 1985).

En corderos es más fácil que aparezca una deficiencia de azufre, ya que lo necesitan tanto para las funciones corporales como para el crecimiento de la lana (Hafez y Dyer, 1972).

Los síntomas de deficiencia en rumiantes se caracterizan por: lagrimeo excesivo, salivación profusa, ojos pegajosos, pérdida del apetito, debilidad, embotamiento, reducción de la digestibilidad de la celulosa, pérdida de peso, caída de la lana en ovejas y muerte (Maynard et al., 1981; Church, 1974; Andriquetto et al., 1985).

En contraposición, el exceso de azufre, puede alterar los requerimientos de otros minerales como: selenio y molibdeno. Las proporciones muy amplias de N: S promueven la absorción y retención de selenio en ovejas, pero la relación estrecha deprime la retención y reduce el consumo (Shirley y Padgett, 1978).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Recursos humanos

- Estudiante investigador.
- Asesores del proyecto de investigación.

5.1.2 Recursos biológicos

- Pastos Napier Costa Rica (*Pennisetum purpureum*) y Sorgo forrajero (*Sorghum* sp.).
- 6 vacas del cruce Brown-Swiss con Brahman.
- Flor de azufre.
- Sulfato de sodio.
- Melaza.
- Pesa.

5.1.3 Recursos de oficina

- Computadora.
- Calculadora.
- Hojas para tomar datos.
- Lapiceros.
- Lápiz.

5.1.4 Centros de referencia

- Laboratorio Bromatológico del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA).
- Laboratorio de Salud Pública de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Banco de Guatemala (BANGUAT)

5.2 Metodología

5.2.1 Localización

El experimento se realizó en la finca “San Jerónimo”, ubicada en el municipio de Chiquimulilla, del departamento de Santa Rosa. De la Cruz, describe esta zona de vida como un bosque húmedo sub-tropical (cálido), con una altura de 0 hasta 80 msnm, con una precipitación pluvial promedio anual de 2254 milímetros y una temperatura promedio anual de 26.1 grados centígrados; (Climate-Data.org). Simmons clasifica estos suelos como tipo Taxisco (Simmons, 1959; De la Cruz, 1982).

5.2.2 Animales

En la finca se maneja un hato de ganado lechero Pardo Suizo cruzado con Brahman del cual se utilizaron 6 vacas con un promedio de peso de 410 kg, de no menos de dos partos, con una producción promedio de 9 litros y con mínimo de 45 a 60 días post parto.

Las fuentes de azufre fueron ofrecidas durante la hora del ordeño y se identificó a cada animal con una cinta de diferente color en el cuello a manera de identificar los tratamientos correspondientes.

5.2.3 Alimentación

Durante el periodo experimental el cual se realizó en la época seca los animales estuvieron estabulados y se suplementaron con Napier Costa Rica (*Pennisetum purpureum*), Sorgo Forrajero (*Sorghum* sp.), concentrado comercial y melaza.

Cuadro 1. Ración de los animales durante el experimento en base a la materia seca

Alimento	Kg.
Napier Costa Rica	4
Sorgo Forrajero	4
Melaza	0.5
Concentrado Comercial	2.6
Total	11.1

Elaboración propia, fuente: Laboratorio ICTA

5.2.4 Muestreo para medir la ración de los animales durante el experimento

Los alimentos fueron ofrecidos en forma fija a la hora del ordeño ofreciendo conjuntamente 4 Kg de sorgo forrajero (*Sorghum* sp.), 0.4 Kg de melaza y 2.6 Kg de concentrado comercial. Con respecto a Napier Costa Rica (*Penninsetum purpureum*) se ofreció a libre acceso en el corral de alimentación mañana y tarde, calculando un 20% de exceso al consumo anterior. Dando como resultado un consumo promedio de 4 Kg.

Para determinar la materia seca se tomó una muestra compuesta y fue enviada al Laboratorio del ICTA.

5.2.5 Tratamientos

En el presente estudio se asignó aleatoriamente las dos fuentes de Azufre, además de contar con un tratamiento testigo. Las dos fuentes de Azufre a utilizar fueron: Sulfato de Sodio con 22.57% de Azufre y el Azufre Elemental o Flor de Azufre con 99% de Azufre. Cada tratamiento tuvo 7 días de adaptación y 13 días para toma de datos. El peso de las vacas fue de un promedio de 410 Kg. El consumo de materia seca calculada fue de 2.7 kg. De acuerdo a este resultado se suplemento con el 0.15 % de Azufre. Ofrecidos diariamente a la hora del ordeño.

Cuadro 2. Tratamientos

TRATAMIENTO	A EVALUAR
A	Testigo, ración tradicional de la finca sin fuentes de Azufre
B	Ración ofrecida más 17 gr Flor de Azufre
C	Ración ofrecida más 75 gr de Sulfato de Sodio

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de Azufre utilizado fue de 0.15% de acuerdo a lo recomendado por otros autores (Chalupa, Oltjen, y Dinius 1973; Bouchard y Conrad, 1973).

5.3 Variables

Se llevaron registros de producción y de calidad de la leche para estimar las siguientes variables:

5.3.1. Producción de leche

La toma de datos de producción se realizó diariamente, pesando la leche producida por vaca por día, durante los 13 días posteriores a los 7 días de adaptación, siendo únicamente un ordeño al día.

5.3.2 Calidad de la leche

Los datos de calidad de leche se obtuvieron del promedio obtenido del muestreo de campo de cada una de las vacas en los días 5 y 13 después del periodo de adaptación (7 días) para cada tratamiento. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Salud Pública de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

5.4. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental que se utilizó fue un reversible, con tres tratamientos. Se utilizaron seis animales donde cada vaca es una unidad experimental, las cuales se dividieron en dos grupos de tres vacas cada uno evaluados en tres periodos. Cada periodo duro 20 días de los cuales los primeros 7 días fueron de adaptación a la dieta y los 13 días restantes se usaron para la toma de datos.

Cuadro 3. Distribución de los tratamientos al azar, de acuerdo a vacas, grupos y periodos de evaluación utilizados en el estudio

Periodo	GRUPO 1			GRUPO 2		
	Vaca 1	Vaca 2	Vaca 3	Vaca 1	Vaca 2	Vaca 3
1	T	17	75	17	75	T
2	17	75	T	T	17 g	75
3	T	17	75	17	75	T

Fuente: Elaboración propia

- T = Tratamiento Testigo.
- 17 = 17 Gramos de azufre en la dieta total
- 75 = 75 Gramos de Sulfato de Sodio en la dieta total.

En los que se estudiarán las variables: producción, sólidos totales, porcentaje de materia grasa y porcentaje de proteína en la leche. Las cuales fueron analizadas independientemente mediante el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \Pi_i + \beta_{ij} + P_k + T_l + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

- Y_{ijk} = Valor de la característica observada
- M = Efecto común a todas las observaciones (media general)
- Π_i = Efecto del bloque
- β_{ij} = Efecto de la secuencia (vaca) dentro del bloque
- P_k = Efecto del período
- T_l = Efecto del tratamiento.
- ϵ_{ijk} = Error experimental.

Las variables medidas, producción de leche, porcentaje de proteína, porcentaje de grasa y porcentaje de sólidos totales fueron analizadas estadísticamente a través del análisis de varianza.

5.5 Análisis económico

La evaluación económica se realizó con base a los costos variables que resultaron de la aplicación de los tratamientos y se realizó un análisis de tasa marginal de retorno para la comparación entre tratamientos.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos según el análisis estadístico propuesto en la presente investigación.

Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza para los tratamientos evaluados, testigo, con flor de azufre y con sulfato de sodio

Variables medidas	TRATAMIENTO						Valor de Probabilidad (p)
	Testigo		Flor de Azufre (0.15%)		Sulfato de Sodio (0.15%)		
Producción de leche (l.)	Periodo 105.25	Por animal 8.09	Periodo 106.92	Por animal 8.22	Periodo 107.33	Por animal 8.25	0.9799
Proteína (%)	3.45		3.39		3.41		0.0955
Grasa (%)	3.86		4.05		4.64		0.2250
Sólidos Totales (%)	12.38		12.51		13.11		0.4003

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro anterior, el análisis de varianza no encontró diferencias estadísticas ($p > 0.05$); entre el tratamiento testigo, el tratamiento con flor de azufre y el tratamiento con sulfato de sodio para ninguna de las variables estudiadas, producción de leche, proteína, grasa y sólidos totales.

Chalupa et al. (1973) trabajando con bacterias del rumen in vitro fermentando glucosa con urea como única fuente de nitrógeno observaron que de los 18 aminoácidos que se probaron solo los aminoácidos azufrados estimularon la síntesis de materia seca, la utilización de glucosa por bacterias y la síntesis de proteína cuando la fermentación se prolongó por 24 horas usando urea como la única fuente de nitrógeno. Haciendo muy probable que la diferencia de los resultados sea debido a un desbalance del nitrógeno: azufre y al poco tiempo de acción de las fuentes de azufre sobre síntesis de la materia seca.

Sin embargo, estudios en Chile (Cofre & Jahn, s.f.), al alimentar vacas con ensilaje de maíz hecho con urea y azufre produjeron la misma cantidad de leche, pero con mayor porcentaje de grasa (3.45% vs. 3.18%), más proteína (3.36% vs. 3.25%) y más sólidos (12.49% vs 12.03%) que las vacas alimentadas con ensilaje de maíz con urea y azufre agregado en el comedero, por lo que la forma de aplicación de los tratamientos influye también en los resultados en la calidad de la leche.

6.1 Producción de leche

Como se observa en los resultados obtenidos no concuerdan con los estudios realizados por Bouchard y Conrad (1973), que indicaron que al fortalecer las dietas en vacas con azufre utilizando 0.03 gramos de azufre por Kg de peso corporal la producción de leche se incrementa de 0.9 a 1.6 kilogramos por día, atribuyendo dichos resultados al efecto de la mejora en la digestibilidad de los forrajes por el azufre, siendo fundamental su acción a nivel del rumen. Los rendimientos de producción de leche se muestran en la figura 1.

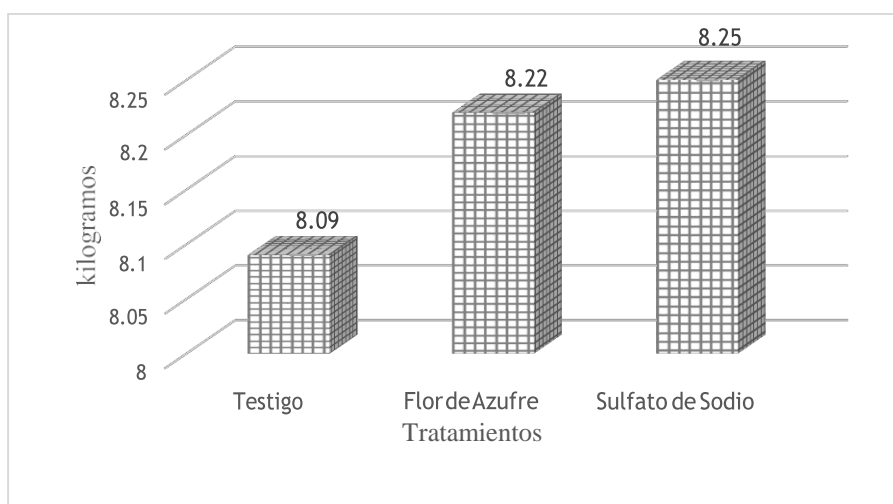


Figura 1. Promedio de producción de leche obtenida por tratamiento en kilogramos (Kg)

Fuente: elaboración propia

6.2 Porcentaje de proteína

El análisis estadístico no encontró diferencia significativa ($p > 0.05$) para la variable porcentaje de proteína entre el tratamiento testigo, que presentó un porcentaje de 3.45 por ciento, el tratamiento con flor de azufre con 3.39 % y el sulfato de sodio, con 3.41 %, según el análisis químico realizado, en la figura 2, se observa mayor porcentaje de proteína en el testigo que los tratamientos evaluados, estando en segundo lugar sulfato de sodio. Algunos autores refieren que la metionina es uno de los aminoácidos limitantes en el proceso de producción de leche, debido a que afecta la síntesis de caseína si no es aportada en cantidades adecuadas, reduciendo la producción láctea (Villar & Villavicencio, 2006). Al parecer pudo no haber síntesis de metionina que se reflejó en el porcentaje de proteína producido por los tratamientos.

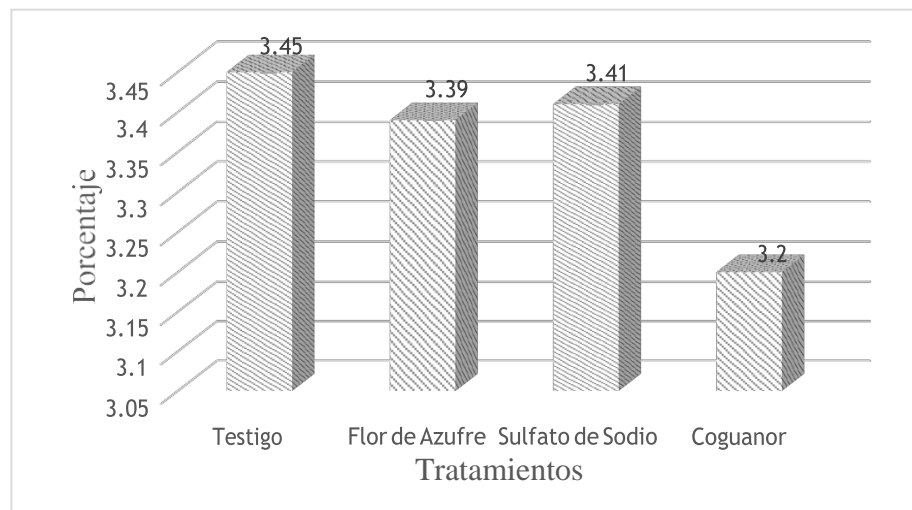


Figura 2. Porcentaje promedio de proteína contenida en la leche de los tratamientos evaluados

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 2, los contenidos de proteína encontrados en esta investigación superan los recomendados por las Norma Guatemalteca Obligatoria, quien clasifica el contenido proteico de 3.2 por ciento, por lo que se considera una leche apta para el consumo humano (Norma Guatemalteca Obligatoria (Coguanor, 2002).

6.3 Porcentaje de grasa

El porcentaje de grasa en la leche no presentó diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) como se observa en la Grafica 3. Siendo 3.86 por ciento la grasa que se tuvo con el tratamiento testigo, 4.05 por ciento para el tratamiento con flor de azufre y 4.64 por ciento para el tratamiento con sulfato de sodio, observando mejores porcentajes en los 2 tratamientos evaluados, obteniendo mayores valores al utilizar sulfato de sodio.

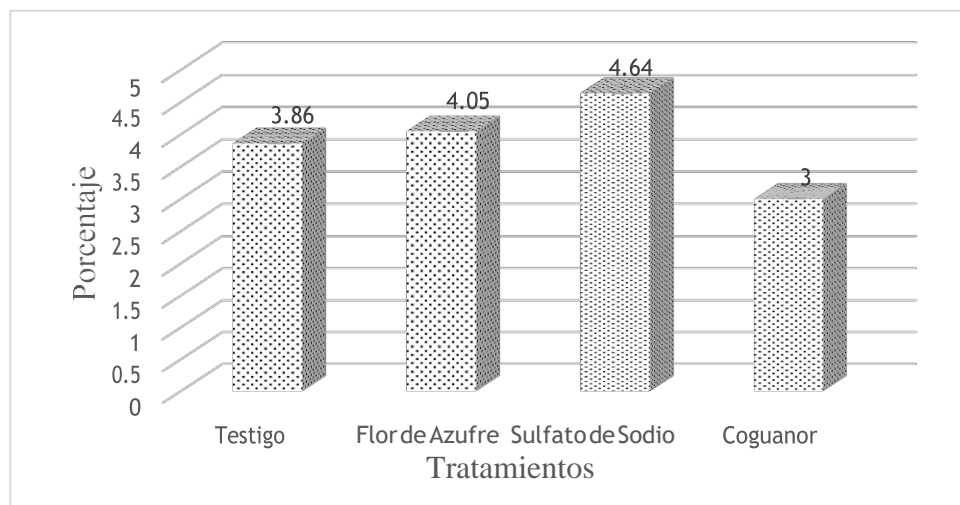


Figura 3. Porcentaje promedio de grasa contenida en la leche de los tratamientos evaluados

Fuente: Elaboración propia

El contenido de grasa encontrado en el presente trabajo supera los recomendados por las Norma Guatemalteca Obligatoria, quien clasifica el contenido

de grasa para la leche tipo uno con ≥ 3 por ciento de grasa, tipo dos de 0.5 a 3 por ciento y tipo tres en ≤ 0.5 por ciento, por lo que se considera una leche apta para el consumo humano (Norma Guatemalteca Obligatoria (COGUANOR, 2002).

6.4 Porcentaje de sólidos totales

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos, siendo de 12.38 por ciento para el tratamiento testigo, 12.51 por ciento para el tratamiento con flor de azufre y de 13.11 por ciento para el tratamiento con sulfato de sodio, encontrando que en ambos tratamientos evaluados existe una tendencia positiva a incrementar el porcentaje de sólidos totales.

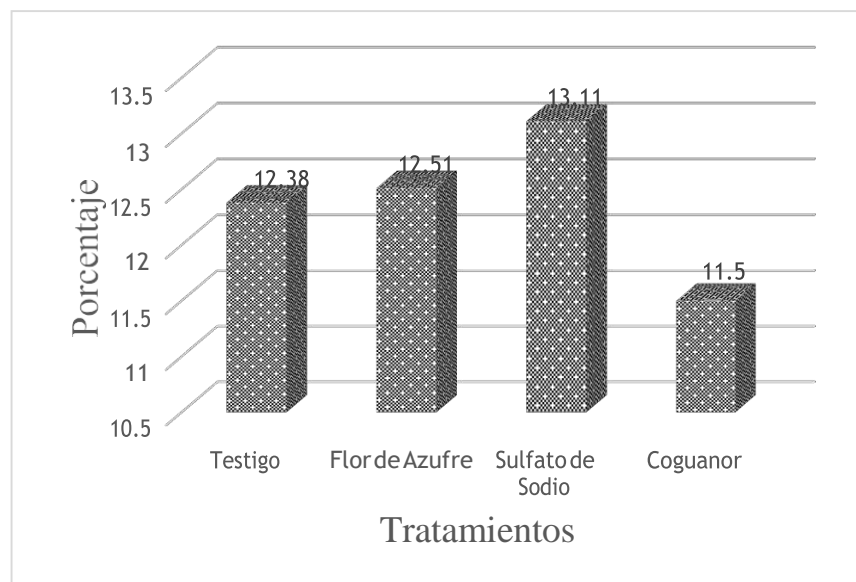


Figura 4. Porcentaje promedio de sólidos totales contenidos en la leche de los tratamientos evaluados

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4, los porcentajes de sólidos totales obtenidos en la presente investigación fueron superiores al recomendado por Coguanor.

Puede observarse también que existe una tendencia positiva al incremento en el contenido de sólidos totales en los tratamientos (Norma Guatemalteca Obligatoria (COGUANOR, 2002).

6.5 Análisis económico

El análisis económico se obtuvo mediante la comparación de la oferta de precios y las tablas de requerimientos de pago por calidad de leche de dos plantas procesadoras de productos lácteos⁽¹⁾, con los resultados de calidad de la leche obtenidos en la evaluación para realizar un análisis económico, mediante la determinación de utilidades y tasa marginal de retorno.

En el caso de la planta Procesadora “1” toma como precio base de pago Q 3.55 / litro y los requerimientos de calidad son medidos únicamente el porcentaje de proteína y el porcentaje de sólidos totales dando como resultado el pago de un bono por calidad de Q0.30 a Q0.60 por litro de leche adicional al precio base, dejando al margen el pago por porcentaje de grasa, sin embargo, si existe una tabla de castigo en el precio por higiene de la leche.

El resultado del análisis de calidad de la leche obtenido en el experimento fue evaluado según el cuadro de la planta procesadora “1”, teniendo como resultado que la leche del tratamiento testigo no obtuvo bono de pago, mientras que el tratamiento con azufre obtuvo un bono de Q 0.30 más el precio base teniendo un valor de Q 3.85 / litro y el tratamiento de sulfato de sodio obtuvo el mejor bono de pago Q 0.60 más el precio base obteniendo el mejor valor de Q 4.15/litro.

(1) A.S. GARCIA SALAS
(Comunicación Personal, 15 de agosto 2018).

Cuadro 5. Análisis económico de la Planta Procesadora “1” para los tratamientos evaluados, testigo, con flor de azufre y con sulfato de sodio

Tratamiento	Producción Total Kg./ animal	Precio Base Q/L	Bono Q	Precio Q. por litro	Ingreso total Q/animal	Costo de tratamiento Q/animal	Utilidad Q /animal
Testigo	105.25	3.55	0.0	3.55	372.75	sin costo	372.75
Azufre A	106.92	3.55	0.30	3.85	411.64	7.65	403.99
Sulfato B	107.33	3.55	0.60	4.15	445.42	16.88	428.54

Fuente: Elaboración propia
(Q7.73 / USD) BANGUAT

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de los incrementos de precio por litro de leche en base al pago por calidad de la leche de la planta procesadora “1”, estos resultados demuestran que el tratamiento con sulfato de sodio obtuvo una utilidad neta mayor que la del tratamiento con azufre y la del testigo, y que la utilidad neta en el tratamiento con azufre fue mayor que la utilidad neta del testigo.

Sin embargo, al analizar la tasa marginal de retorno, el tratamiento de azufre obtuvo mayor retorno de capital por capital invertido (Q/Q) que el tratamiento con sulfato de sodio y el testigo, y mayor retorno de capital con el tratamiento de sulfato de sodio que con el testigo. Por cada Q 7.65 de inversión se obtuvo una ganancia Q31.24 en el tratamiento de azufre mientras que por cada Q16.88 de inversión se obtuvo una ganancia de Q24.33 con el tratamiento de sulfato de sodio.

Cuadro 6. Tasa Marginal de Retorno de la Planta Procesadora “1” para los tratamientos evaluados, testigo, con flor de azufre y con sulfato de sodio

Tratamiento	Costo Q/ animal	Diferencia Q Costos	Ingresos Q/animal	Diferencia Q Ingresos	TMR
Testigo	0	0	372.75	0	
Azufre	7.65	7.65	403.99	31.24	356.46
Sulfato	16.88	9.23	428.32	24.33	227.70

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la planta Procesadora “2”, esta empresa toma un precio fijo de pago de Q3.92 / litro de leche con 3.5% de grasa y 3.2% de proteína y las tablas de bono son únicamente en base pagos por higiene de la leche, y estando los resultados de calidad de la leche del experimento dentro de estos parámetros para el análisis económico el precio fijo de Q 3.92/ litro.

Cuadro 7. Análisis económico de la Planta Procesadora “2” para los tratamientos evaluados, testigo, con flor de azufre y con sulfato de sodio

Tratamiento	Producción total Kg/animal	Planta Grasa 3.5%	Planta Proteína 3.2%	Precio Q/l	Ingreso total /animal	Costo tratamiento / animal	Utilidad /animal
Testigo	105.25	3.86	3.45	3.92	412.58	0.0	412.58
Azufre A	106.92	4.05	3.39	3.92	419.12	8.52	410.6
Sulfato B	107.33	4.64	3.41	3.92	420.73	18.7	407.03

Fuente: Elaboración propia.

Dando como resultado en este análisis económico que el efecto de un precio fijo por litro de leche sin bonificaciones por calidad no es económicamente rentable, aunque el efecto de los tratamientos de azufre y sulfato de sodio fueron superiores en porcentaje de grasa y porcentaje de proteína.

VII. CONCLUSIONES

- Según el análisis estadístico el diseño reversible no detectó diferencias significativas ($p \geq 0.05$) para todas las variables estudiadas, por lo que no se rechaza la hipótesis planteada.
- El sulfato de sodio presentó una tendencia de incrementar la producción de leche, el porcentaje de grasa y los sólidos totales.
- Cuando se paga con bono por calidad de leche, la flor de azufre presentó una mejor tasa marginal de retorno obteniendo mayor retorno de capital por capital invertido.

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios evaluando la relación del nitrógeno no proteico y el azufre en alimentación bovina.
- Evaluar el incremento en la ración en un 20% de sulfato de sodio debido a que esta fuente de azufre presentó incrementos de producción, porcentaje de grasa y sólidos totales.
- Utilizar la flor de azufre en vacas lecheras cuando el pago del litro de leche sea por calidad, ya que en este estudio presentó la mejor tasa marginal de retorno.

IX. RESUMEN

Se evaluó el uso de dos fuentes de azufre en la dieta de vacas de doble propósito, estabuladas y en época seca, sobre la producción y calidad de la leche en términos de incremento diario de leche posterior al pico de lactancia y porcentaje de proteína, grasa y sólidos totales y su evaluación económica.

Se realizó el estudio utilizando 6 vacas, Pardo Suizo x Brahman, con peso promedio de 410 kg. Con dos partos como mínimo, producción promedio de 9kg / día y 45 a 60 días post parto. Dos fuentes de azufre: 1) Sulfato de Sodio (22.57 % azufre) y 2) Flor de Azufre (99% azufre). El consumo de materia seca fue de 2.7kg / día al que se suplemento 0.15% de azufre.

El diseño experimental que se utilizó fue un Reversible Doble, con tres tratamientos distribuidos al azar: A) Testigo. B) Flor de Azufre (17gr). C) Sulfato de Sodio (75 gr), con tres repeticiones y 6 vacas, donde cada vaca fue una unidad experimental.

Conclusiones: no se encontró diferencias significativas ($p>0.05$) para ningún de las variables. El sulfato de sodio presentó tendencia de incrementar la producción y calidad de la leche. Y la flor de azufre obtuvo una mejor tasa marginal de retorno.

Recomendaciones: evaluar la relación N:S en dietas para bovinos. Incrementar al 20% de sulfato de sodio en la ración, ya que presento aumento en la producción, grasa y sólidos totales. Utilizar flor de azufre en vacas lecheras cuando el pago sea por calidad.

SUMMARY

Evaluating two sources of Sulphur in the diet of dual purpose cows, stabled and during the dry season, about production and the quality of the milk in terms of the daily increase of milk after the lactation peak and the percentage of protein, fat and total solids, and the economic evaluation.

The study was performed using 6 cows, Swiss Brown x Brahman, with an average weight of 410 kg. with at least two calving processes, with an average in production of 9kg/day and between 45 to 60 days post-partum. Two sources of Sulphur were used: 1) Sodium Sulfate (22.57% Sulphur) and 2) Sulphur flower (99% Sulphur). The consumption of dry matter was 2.7 kg/day which was supplemented 0.15% of Sulphur.

The design of experiment used was a double reversible with three randomly distributed treatments: A) Witness B) Sulphur flower (17gm) C) Sodium Sulfate (75gr) with three repetitions and 6 cows in which each cow was considered as a unit of experiment.

Conclusions: according to the statistical analysis there are no significant differences ($p>0.05$) for none of the studied variables. The sodium sulfate presented a tendency to increase the production and the quality of milk and the Sulphur flower obtained a higher marginal rate of return.

Recommendations: evaluate the relation between N:S in diets for cattle. Increase up to 20% the sodium sulfate in each serving since it presented an increase in the production, fat and total solids. Use the Sulphur flower in milk cows when the payment be for quality.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrighetto, J.M. *et al.* (1985). *Nutricao animal*. 4 ed. Sao Paulo, Brasil, Nobel. V. 1, p. 215-218.
- Barton, J.S.; y Bull, L.S.; y Hemken, R.W. (1971). The effects of various levels of sulfur upon cellulose digestion in purified diets and lignocellulose digestion in corn fodder pellets in vitro. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 33:682. Citado por: Shirley, R.L., Padgett, D. 1978. El azufre en la nutrición de rumiantes. In Simposio Latinoamericano sobre Investigaciones en Nutrición Mineral de los Rumiantes en Pastoreo (1976, Belo Horizonte, Bra.). Memorias. Gainesville, Florida, Universidad de Florida. P.77.
- BANGUAT. (Banco de Guatemala). 2018. *Tipo de Cambio Histórico. Tipo de cambio de noviembre del año 2018*. Recuperado de <http://www.banguat.gob.gt/cambi/historico.asp?ktipo=3&kdia=01&kmes=11&kanio=2018&submit1=Consultar>
- Bouchard, R.; y Conrad, H.R. (1973). Sulfur requirement of lactating dairy cows, 1. Sulfur balance and dietary supplementation. *Journal of Dairy Science* 56(10), 1276-1282.
- Bull, L.S.; y Vandersall, J.H. (1973). Sulfur source for in vitro cellulose digestion and in vivo ration utilization, nitrogen metabolism and sulfur balance. *Journal of Dairy Science (EE.UU)* 56(1):106-112.
- Chalupa, W.A.; y Oljen, R.; y Dinius, D.A. (1973). Sulfur nutrition for urea-fer cattle. *Journal of Animal Science*, 37, 340.
- Church, D.C. 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Trad. Por Francisco Castejon. España: Acribia. V.2, P.74-81.

Climate-Data.org. (2018). Condiciones climáticas de Chiquimulilla, Santa Rosa, Guatemala. Recuperado de <http://es.climate-data.org/america-del-norte/guatemala/santa-rosa-chiquimulilla-54085/>

Cofre B, P., y Jahn B, E. (s.f.). *INIA*. Obtenido de INIA: Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/bioleche/NR35431.pdf>

Cruz, J.R. De La (1982). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento*. Guatemala: Instituto Nacional Forestal. p. 20-23.

Flores, J.A. 1983. *Bromatología Animal*. 3 ed. Editorial Limusa. Mexico. p.996-998.
Hafez. E.S.E., y Dyer, I.A. 1972. *Desarrollo y nutrición animal*. Trad. Por Pedro Ducar Maluenda. España, Acribia. P.392.

Gil, L.A.; y Shirley, R.L.; y Moore, J.E. 1973. Effect of methionine hydroxy analog on growth, amino acid content and catabolic products of glycolytic rumen bacteria in vitro. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 56: 757. Citado por: Shirley, R.L., Padgett, D. 1978. El azufre en la nutrición de rumiantes. *In* Simposio Latinoamericano sobre Investigaciones en Nutrición Mineral de los Rumiantes en Pastoreo (1976, Belo Horizonte, Bra.). Memorias. Gainesville, Florida, Universidad de Florida. P.77.

Jacobson, D.R. et. al. 1967. *Journal of Dairy Science (EE.UU)* 50:1248. Citado por: Church, D.C. 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Trad. Por Francisco Castejon. España, Acribia. V. 2, p. 74-81.

Hahlon, T.S.; y Meiske, J.C.; y Goodrich, R.D. 1975. Sulfur metabolism in ruminants, I. in vitro availability of various chemical forms of sulfur. *Journal of Animal Science (EE.UU)* 41(4): 1147-1153. 1975. Sulfur metabolism in ruminants, II. In

vitro availability of various chemical forms of sulfur. *Journal of Animal Science*. (EE.UU) 41(4):1154-1160.

Lascano, C. 1983 *Factores edáficos y climáticos que intervienen en el consumo Y la selección de plantas forrajeras bajo pastoreo*. In *Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas: metodologías de evaluación*. (1982, Cali, Colombia). Memorias. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. P.49-64 Tomado de: *Resúmenes Analíticos sobre Pastos Tropicales* (Col.) 6(3):109. 1984.

Martin, J.E. 1964. *Journal Nutrition*. 83:60. Citado por: Church, D.C. 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Trad. Por Francisco Castejon. España: Acribia. V. 2, p. 74-81.

Maynard, L.A. Et Al. 1981. *Nutrición animal*. 4 ed. Trad. Por Alfonso Ortega Said. México: Mc-Graw-Hill. P.276-277.

Moir, R.J.; y Somers, J.M.; Bray, A.C. 1967. Utilizations of dietary sulfur and nitrogen by ruminants. *Sulfur Institute Journal (EE.UU.)* 3:15. Citado por: Shirley, R.L., Padgett, D. 1978. El azufre en la nutrición de rumiantes. In *Simposio Latinoamericano sobre Investigaciones en Nutrición Mineral de los Rumiantes en Pastoreo* (1976, Belo Horizonte, Bra.). Memorias. Gainesville, Florida, Universidad de Florida. P.77.

MAGA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Alimentación). (2018). (Inédito.) Informe sobre la situación de los recursos zoogenéticos de Guatemala. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/pdf/010a1250e/annexes/CountryReports/Guatemala.pdf>

Norma Guatemalteca Obligatoria (COGUANOR). (2002). *Docplayer*. Recuperado de Docplayer:<https://docplayer.es/10938460-Norma-guatemaltecaobligatoria.html>

Shirley, R.L.; y Padgett, D. 1978. *El azufre en la nutrición de rumiantes*. In Simposio Latinoamericano sobre Investigaciones en Nutrición Mineral de los Rumiantes en Pastoreo (1976, Belo Horizonte, Bra.). Memorias. Gainesville, Florida, Universidad de Florida. P.77.

Simmons, C.; y Tarano, J.M.; y Pinto, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Por: Pedro Tirado Sulsona. Guatemala: José Pineda Ibarra. p. 789-790.

Stobbs, T.H. 1969. Utilización de ensayos de aumento de peso vivo para la evaluación de pastos en los trópicos; 3. Medición de diferencias grandes entre los pastos. *Journal of the British Grassland Society (England)* 24(2): 177-183.

Tisdale, S.L. (s.f.)- El azufre en la calidad de forraje y en la nutrición de rumiantes. Washington, D.C.: Purace. P.22.

Villar, C. E.; y Villavicencio, M. (2006). *Importancia del azufre en la producción de carne vacuna y en el control de garrapatas en ganado en pastoreo en los Llanos Orientales de Colombia*. Engormix. Recuperado de <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/importancia-azufre-produccioncarne-t266600.htm>

Voisin. A. 1961. Suelo, hierba, cáncer. Trad. Por: Carlos Luis de Cuenca. España: Tecnos. P. 39-43.

Weir, W.C.; y Rending, V.V. (1954). Journal nutrition 54:87. Citado por: Church, D.C. 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Trad, por Francisco Castejon. España: Acribia. V. 2. P.74-81.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA**

**EVALUACIÓN DE DOS FUENTES DE AZUFRE EN LA DIETA DE
BOVINOS, SOBRE LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DE LA
LECHE**

f. _____
HORACIO GUILLERMO PICHARDO GUTIERREZ

f. _____
M.Sc. Carlos Enrique Saavedra Vélez
ASESOR

f. _____
M.A. Carlos Enrique Corzantes Cruz
ASESOR

f. _____
Lic. Zoot. Marco Vinicio De la Rosa Montepeque
EVALUADOR

IMPRÍMASE

f. _____
M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil
DECANO