**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**

# ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA LECHE DE VACA ACOPIADA DE LAS REGIONES SURORIENTAL, METROPOLITANA Y CENTRAL DE GUATEMALA DURANTE EL AÑO 2021

**MADELEINE STORMONT DELEON**

**Médica Veterinaria**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2024**

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

# ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA LECHE DE VACA ACOPIADA DE LAS REGIONES SURORIENTAL, METROPOLITANA Y CENTRAL DE GUATEMALA DURANTE EL AÑO 2021

## TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD**

**POR**

**MADELEINE STORMONT DELEON**

Al conferírsele el título profesional de

**Médica Veterinaria**

**En el grado de Licenciado**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2024**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**JUNTA DIRECTIVA**

| | |
|---|---|
| DECANO: | M.A. Rodolfo Chang Shum |
| SECRETARIA: | M.Sc. Lucrecia Emperatriz Motta Rodríguez |
| VOCAL I: | M.Sc. Juan José Prem González |
| VOCAL II: | Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta |
| VOCAL III: | M.V. Edwin Rigoberto Herrera Villatoro |
| VOCAL IV: | Br. César Francisco Monzón Castellanos |
| VOCAL V: | P. Agr. Jorge Pablo Rosales Roca |

**ASESORES**

LIC. ZOOT. LARAMY CHEYENNE PÉREZ GARCÍA

M.V. SERGIO FERNANDO VÉLIZ LEMUS

**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:

# "ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA LECHE DE VACA ACOPIADA DE LAS REGIONES SURORIENTAL, METROPOLITANA Y CENTRAL DE GUATEMALA DURANTE EL AÑO 2021"

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

Como requisito previo a optar al título de:

**MÉDICA VETERINARIA**

## ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|---|---|
| A mi mamá: | Por haberme ayudado y dado todo a lo largo de mi vida personal y académica. |
| A mi abuela Grace: | Por haberme cuidado durante toda mi niñez y haberme dejado almorzar con zaboomafoo y programas de veterinarios en la tele, que fueron parte de mi inspiración para ser Medica Veterinaria. |
| A mi tío Erick: | Por haberme apoyado durante toda mi vida especialmente yendo por mí a la universidad después de las giras de campo. |
| A mis abuelos Vinicio y Julia: | Por su apoyo incondicional durante toda mi vida personal y académica. |
| A mi abuelo meme (QEPD): | Se que hubiera querido estar acá hoy, pero estoy segura de que está viendo desde algún lugar diciendo felicidades muchachona. |
| A mi papá: | Por apoyarme y aconsejarme en las decisiones de la vida adulta. |
| A Andrea Calderón: | Por estar para mi desde nuestro EPS, y haberme regalado su amistad incondicional. |

| | |
|---|---|
| A Laramy Pérez: | Por brindarme su amistad a lo largo de toda la carrera universitaria, apoyarme y asesorarme en este proyecto. |
| A Luke: | Mi perrito de la infancia, quien fue parte de la inspiración para estudiar medicina veterinaria. |
| A Obi: | Mi cachorro grandote que me dio felicidad cuando perdí a Luke, no pude salvarte pero prometo que ayudare a cuantos animalitos pueda en tu nombre. |
| A R2: | El perrito que vino a levantarme del lugar más oscuro, y me dio las fuerzas para continuar, quien se desveló todas las noches de estudio conmigo y quien me llevaba sus juguetes cuando la frustración me ganaba, sin el yo no estaría aquí. |
| A mis amigas: | Sofia, Anne, Andrea, Mafer, Mariana y Cristi por su amistad incondicional desde que estamos en primaria. |
| A mis amigas y amigos: | De la universidad, en especial Mildred, Teffy, Laura, David, Eduardo, Franklin, Mauricio, Frances, Mariana, Marisa, y Fernando, gracias por su apoyo y amistad. |
| A todas las personas: | A todas las personas que me han apoyado y querido en el transcurso de mi vida, ya sea por mucho o poco tiempo, que me han ayudado, escuchado y han estado para mí, gracias. |

## AGRADECIMIENTOS

| | |
|---|---|
| A la Lcda. Laramy Pérez y el Dr. Sergio Véliz | Por su asesoría profesional y apoyo en la realización de este proyecto de tesis. |
| A la Dra. Mildred Arreaga y el Dr. Eduardo Sabillón | Por su ayuda y guía para realizar los trámites de este proyecto de tesis. |
| A la Dra. Andrea Muñoz | Por su asesoría profesional como evaluadora de tesis, gracias por brindarme su tiempo para este proyecto. |

# ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN ..... 1

II. OBJETIVOS ..... 3

2. 1 General ..... 3

2.2 Específicos ..... 3

III. REVISIÓN DE LITERATURA ..... 4

3.1 Comisión Guatemalteca de Normas ..... 4

3.1.1 Normativa técnica guatemalteca (NTG) COGUANOR 34237 ..... 4

3.1.2 Norma guatemalteca obligatoria (NGO) COGUANOR 34041 ..... 4

3.2 Leche de vaca ..... 5

3.2.1 Leche cruda ..... 5

3.2.2 Leche entera ..... 5

3.3 Características físico-químicas de la leche ..... 7

3.3.1 Físicas ..... 7

3.3.2 Químicas ..... 8

3.4 Factores que afectan la leche y su composición ..... 13

3.4.1 Factores genéticos ..... 13

3.4.2 Factores fisiológicos ..... 14

3.4.3 Ambientales ..... 16

3.5 Características microbiológicas de la leche ..... 17

3.5.1 Células somáticas de la leche ..... 17

3.6 Fuentes de contaminación de la leche ..... 18

3.6.1 Contaminación inicial ..... 19

3.6.2 Contaminación externa ..... 19

3.7 Clasificación de los microorganismos de la leche .....20
3.7.1 Bacterias lácticas .....20
3.7.2 Bacterias esporuladas .....20
3.7.3 Bacterias psicrotróficas .....20
3.7.4 Enterobacterias .....21
3.7.5 Levaduras y hongos .....21
3.8 Microorganismos de la leche .....21
3.8.1 Coliformes .....21
3.8.2 Escherichia coli .....22
3.8.3 Staphylococcus aureus .....22
3.8.4 Salmonella .....23
3.8.5 Listeria.....24
3.9 Características microbiológicas de la leche cruda y su clasificación .....25
3.10 Recuento aeróbico total .....26
IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....28
4.1 Materiales.....28
4.1.1 Recursos humanos.....28
4.1.2 Recursos materiales .....28
4.1.3 Centros de referencia .....28
4.2 Metodología.....29
4.2.1 Área de estudio .....29
4.2.2 Selección de la muestra .....29
4.2.3 Diseño del estudio .....30
4.2.4 Análisis de datos .....30
4.2.5 Variables estudiadas .....30
4.2.6 Interpretación.....31
V. RESULTADOSY DISCUSIÓN.....32
5.1 Región metropolitana.....32

5.2 Región central .....42
5.3 Región Sur oriental .....52
5.4 Comparación entre regiones .....62
VI. CONCLUSIONES .....67
VII. RECOMENDACIONES .....68
VIII. RESUMEN .....69
SUMMARY .....70
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....71
X. ANEXOS .....77
Anexo 1 .....78

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1
Características de la leche según COGUANOR 2002 ……..... 6

Tabla 2
Vitaminas de la leche de vaca ……..... 12

Tabla 3
Valores normales de las células somáticas de la leche……. 17

Tabla 4
Diagnóstico de un cuarto según número de células somáticas…… 18

Tabla 5
Clasificación de la leche cruda según sus características microbiológicas… 25

Tabla 6
Parámetros analizados de la región metropolitana…… 32

Tabla 7
Parámetros analizados de la región central …… 42

Tabla 8
Parámetros analizados de la región suroriental…….. 52

Tabla 9
Comparaciones entre regiones analizadas…….. 62

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1
Media, mediana y moda de la acidez de los datos de la región metropolitana…….. 33

Figura 2
Dispersión de los datos de acidez analizados…… 33

Figura 3
Media, mediana y moda de los datos de la proteína de la región metropolitana…….. 35

Figura 4
Dispersión de los datos de proteína analizados …….……. 35

Figura 5
Media, mediana y moda de los datos de la grasa de la región metropolitana…….. 36

Figura 6
Dispersión de los datos de grasa analizados……..... 37

Figura 7
Media, mediana y moda de los datos de los sólidos totales de la región metropolitana…….. 38

Figura 8
Dispersión de los datos de sólidos totales analizados…….. 38

Figura 9
Media, mediana y moda de los datos del recuento aerobio total de la región metropolitana…….. 39

Figura 10
Dispersión de los datos de analizados……..... 40

Figura 11
Media, mediana y moda de los datos de la presencia de UFC/ml de *E. coli* total de la región metropolitana…… 41

Figura 12
Dispersión de los datos de *E. coli* analizados……. 41

Figura 13
Media, mediana y moda de los datos de acidez para la región central…… 43

Figura 14
Dispersión de los datos de acidez analizados…… 43

Figura 15
Media, mediana y moda aplicadas a los datos de proteína para la región central…….. 44

Figura 16
Dispersión de los datos de proteína analizados ……... 45

Figura 17
Media, mediana y moda para los datos de grasa, de la región central…….. 46

Figura 18
Dispersión de los datos del porcentaje de grasa analizados…….. 46

Figura 19
Media, mediana y moda para los datos de sólidos totales, de la región central…….. 47

Figura 20
Dispersión de los datos de sólidos totales analizados……. 48

Figura 21
Media, mediana y moda para los datos del recuento aerobio total, de la región central…….. 49

Figura 22
Dispersión de los datos de Recuento aerobio total analizados…….. 49

Figura 23
Media, mediana y moda para los datos de UFC/ml de *E. coli,* de la región central…….. 50

Figura 24
Dispersión de los datos de UFC/ml de *E. coli* analizados…….. 51

Figura 25
Media, mediana y moda para los datos de acidez de la región suroriental…… 53

Figura 26
Dispersión de los datos de acidez analizados…… 53

Figura 27
Media, mediana y moda para los datos de proteína analizados en la región suroriental…… 54

Figura 28
Dispersión de los datos de proteína analizados …….. 55

Figura 29
Media mediana y moda para los datos de la grasa de la región suroriental…… 56

Figura 30
Dispersión de los datos de grasa analizados…… 56

Figura 31
Media mediana y moda para los datos de los sólidos totales de la región suroriental…… 57

Figura 32
Dispersión de los datos de sólidos totales analizados…… 58

Figura 33
Media, mediana y moda para los datos del recuento aerobio total de la región suroriental…… 59

Figura 34
Dispersión de los datos del RAT …….…… 59

Figura 35
Media, mediana y moda de los datos de UFC/ml de *E. coli* en la región suroriental……..……. 60

Figura 36
Dispersión de los datos de UFC/ml de *E. coli* …… 61

Figura 37
Promedio de la acidez por región evaluada ……... 62

Figura 38
Promedio del porcentaje de proteína según cada región evaluada…….. 63

Figura 39
Promedio del porcentaje de grasa de cada región…….……. 64

Figura 40
Promedio de porcentaje de sólidos totales por cada región ……. 64

Figura 41
Promedio del recuento aerobio total por región …….…….. 65

Figura 42
Promedio del porcentaje de UFC/ml de *E. coli* según cada región……. 66

# I. INTRODUCCIÓN

La leche de vaca es parte importante de la alimentación humana en todas sus etapas. Gracias a su procesamiento y comercialización se ha permitido el acceso generalizado a su consumo, favoreciendo a la mejora de la salud humana. La leche es un alimento de gran aporte nutricional con relación a su contenido calórico, por lo que su consumo se recomienda desde la infancia (Fernández et al., 2014). Para que la leche sea apta para el consumo humano y sea considerada de buena calidad, no debe contener residuos, ni presentar colores y olores anormales, además debe tener una composición físico-química dentro de los parámetros establecidos. Además, es de importancia fundamental que la leche cumpla con la calidad higiénica, para que sea un producto inocuo (The Food and Agriculture Organization [FAO], 2022). La leche acopiada debe cumplir con dichas características fisicoquímicas y microbiológicas, para poder ser aceptada para su posterior procesamiento, ya que la calidad de la leche acopiada influirá en los productos finales.

En el 2019 en Guatemala se producían 1.4 millones de litros de leche de vaca al día, lo que equivale a 511 millones de litros de leche anualmente (Ministerio de Economía [MINECO], 2019). Según el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2005), en el 2003 Escuintla era el departamento con mayor producción de leche de vaca, con el 17.9% de la producción nacional diaria; Jutiapa el 13.4% y Santa Rosa un 9.3%. Esto quiere decir que en las regiones central y suroriental es donde en ese año, se producía la mayor cantidad de leche del país.

Villatoro (2019) indica que uno de los principales problemas que enfrenta la producción de leche en Guatemala es la contaminación del producto y que este no cumpla con los requerimientos físico-químicos para poder ser apta para el consumo

humano. Actualmente se cuenta con poca información publicada acerca de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la leche en los centros de acopio. Por otro lado, existe poco monitoreo y pobre control de la leche cruda, y de la falta de análisis de los datos obtenidos. En el último estudio realizado, en el departamento de Retalhuleu, Guatemala, en el 2019, demostró que 79% de la leche cruda no es apta para el consumo humano y no cumple con los estándares en las normas COGUANOR NGO. 34041 y MAGA RTCR. 401-2006 (Villatoro, 2019). Es necesario que se realicen estudios que generen y analicen información acerca de la calidad e inocuidad de la leche, para poder crear las bases para que se continúe mejorando con la producción lechera en Guatemala y de esta manera contribuir a la seguridad alimentaria del país.

# II. OBJETIVOS

## 2. 1 General

Describir las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche cruda acopiada en las regiones suroriental, metropolitana y central de Guatemala durante el año 2021.

## 2.2 Específicos

- Analizar las características fisicoquímicas de la leche cruda en las regiones suroriental, metropolitana y central, según la norma COGUANOR 34 041:2002.

- Clasificar la leche bajo los criterios microbiológicos de la NTG 34237 en las regiones suroriental, metropolitana y central.

# III. REVISIÓN DE LITERATURA

## 3.1 Comisión Guatemalteca de Normas

La comisión guatemalteca de normas (COGUANOR) es el organismo nacional para la normalización, la cual fue creada por el decreto 1523 del Congreso de la República de Guatemala el 5 de mayo de 1962. Sus funciones están definidas en el marco de la Ley del sistema nacional de la calidad (decreto 78-2005) del congreso de la república. COGUANOR es la entidad encargada de proporcionar soporte técnico a los sectores público y privado por medio de la actividad de normalización (COGUANOR, 2015).

### 3.1.1 Normativa técnica guatemalteca (NTG) COGUANOR 34237

Guía de buenas prácticas aplicables a la leche cruda que se produzca, almacene y transporte para el consumo humano y como materia prima industrial (NTG 34237). Es la norma que tiene como objeto establecer las buenas prácticas para cumplir con los requisitos de la leche cruda bovina destinada al consumo humano o como materia prima, con el fin de proteger la salud de los consumidores. Esta normativa se aplica a la leche cruda de vaca producida en las salas de ordeño y destinada a los centros de acopio, medios de transporte y plantas procesadoras para la comercialización (COGUANOR, 2015).

### 3.1.2 Norma guatemalteca obligatoria (NGO) COGUANOR 34041

Leche de vaca, pasteurizada, fresca, ultra pasteurizada, ultra alta temperatura (UHT), esterilizada y homogeneizada. Tiene por objeto

establecer los tipos y definir las características y requisitos que debe cumplir la leche de vaca fresca, pasteurizada, ultra pasteurizada, ultra alta temperatura (UHT) y esterilizada, producida en el país o en el extranjero (COGUANOR, 2002).

## 3.2 Leche de vaca

De acuerdo a COGUANOR (2002), en la Norma Guatemalteca Obligatoria (NGO) 34 041:2002, define la leche como *"la secreción mamaria normal de vacas sanas, obtenidas mediante el ordeño, sin ningún tipo de adición o extracción, destinada a elaboración ulterior".* La misma entidad, en la NGO 34 040:1997, determina que *"deberá presentar aspecto normal, estará limpia y libre de calostro, preservantes no permitidos … antibióticos, colorantes y materias extrañas y sabores y olores objetables o extraños."*

Dentro de la norma, NGO 34 041:2002, se clasifica a la leche de vaca fresca, pasteurizada, ultra pasteurizada y esterilizada en los siguientes tipos:

- Tipo 1: leche íntegra, homogeneizada que puede estar fortificada o no.
- Tipo 2: leche semidescremada, homogeneizada, fortificada o no.
- Tipo 3: leche descremada, homogeneizada y fortificada.

### 3.2.1 Leche cruda

Leche que no ha sido sometida a ningún proceso de calentamiento a más de 40 °C o procesos equivalentes (González, 2018).

### 3.2.2 Leche entera

Se refiere a la leche cuyo contenido graso es mayor o igual a 3.0% (m/m) (COGUANOR, 2002).

**Tabla 1. Características de la leche según COGUANOR 2002**

| Características | Tipo 1 | Tipo 2 | Tipo 3 |
|---|---|---|---|
| Materia grasa, expresada en porcentaje en masa (mínimo). | Mayor o igual a 3.0% | ≥ 0.5 a < 3.0 | < 0.5 |
| Sólidos lácteos totales, expresados en porcentaje en masa (mínimo). | Mínimo 11.5% | No especificado | No especificado |
| Acidez, expresada como ácido láctico en porcentaje en masa (máximo). | Leche cruda 0.13%-0.17%<br>Leche pasteurizada 0.18%<br>Leche UHT y esterilizada 0.16% | Leche pasteurizada 0.18%<br>Leche UHT y esterilizada 0.16% | Leche pasteurizada 0.18%<br>Leche UHT y esterilizada 0.16% |
| Proteínas (Nx6.38), expresadas en porcentaje en masa (mínimo). | 3.2% | 3.2% | 3.2% |
| Punto de congelación | abajo de -0.530 °C | abajo de -0.530 °C | abajo de -0.530 °C |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Impurezas macroscópicas (Sedimento) | 0.2 mg | 0.5 mg | 0.5 mg |

## 3.3 Características físico-químicas de la leche

### 3.3.1 Físicas

#### 3.3.1.1 Densidad

La densidad de la leche cruda entera se encuentra entre 1.028 a 1.034 g/ml, cuando esta se encuentra a una temperatura de 15 °C. Dicha densidad puede variar 0.0002 g/ml por cada grado de temperatura (Celis y Juárez, 2009). La Normativa técnica guatemalteca (NTG) 34237 de COGUANOR (2015), especifica que la leche cruda debe de tener una densidad a 15 °C mínima de 1030 g/ml y máxima de 1033 g/ml.

#### 3.3.1.2 pH

Es cercano a neutro y oscila entre 6.5-6.65, pero puede variar dependiendo del estado sanitario deficiente de la glándula mamaria, la cantidad de $CO_2$ disuelto en la leche y el desarrollo y acción de microorganismos (Celis y Juárez, 2009).

#### 3.3.1.3 Acidez

La leche cruda tiene una acidez entre 0.15 a 0.16%, esta acidez se debe 40% a la acidez anafórica, otro 40% a las sustancias

minerales, $CO_2$ disuelto y ácidos orgánicos. El 20% restante se debe a las reacciones de los fosfatos (Celis y Juárez, 2009).

### 3.3.2 Químicas

La leche es una mezcla de sustancias en suspensión o emulsión en agua. Dichas sustancias son: la grasa, proteína, lactosa, vitaminas, minerales; a las cuales se les denomina sólidos totales. Los sólidos totales varían por múltiples factores como son la raza, la alimentación del animal, el medio ambiente y el estado sanitario, entre otros (Agudelo y Bedoya, 2005).

El agua es la fase dispersante en la cual los glóbulos de grasa y demás componentes se encuentran emulsionados. Las sustancias proteicas de la leche se encuentran formando coloides liófobos (caseína y globulina) o liófilos (albúmina), mientras que las sales y la lactosa se encuentran disueltas (Agudelo y Bedoya, 2005).

#### 3.3.2.1 Sólidos totales

Se refiere a la suma de la grasa, proteína, lactosa y minerales presentes en la leche. Es decir, los componentes de la leche a excepción del agua. Dichos sólidos totales suman alrededor de un 12% (Hernández, 2015).

#### 3.3.2.2 Materia grasa

La grasa láctea se encuentra en forma de partículas emulsionadas cuyo diámetro puede variar de 0.1 a 0.22 micrones y se encuentran rodeadas por fosfolípidos que evitan que se aglutinen y puedan separarse de la parte acuosa. En la leche cruda la materia

grasa constituye alrededor del 3%. La grasa puede sufrir alteraciones causadas por la luz, el oxígeno y enzimas (lipasas). Estos procesos pueden conducir a la formación de peróxidos, aldehídos, cetonas y ácidos grasos libres, dando como resultado alteraciones en el sabor de la leche, haciéndola sebácea o rancia. El contenido de grasa puede presentar disminuciones significativas cuando se presentan procesos inflamatorios o infecciosos (Agudelo y Bedoya, 2005).

#### 3.3.2.3 Lactosa

Es el azúcar principal de la leche. Es un disacárido formado por galactosa y glucosa y se origina en la glándula mamaria. Es el responsable de otorgar a la leche un sabor dulzaino. Se encuentra presente entre un 4.75-5.5% o 40-50 g/litro (Guerrero y Rodríguez, 2010).

#### 3.3.2.4 Proteína

La concentración de proteínas en la leche varía entre un 3.0-4.0%, es una mezcla de varias fracciones proteicas, de diferentes pesos moleculares, y se clasifican en dos grandes grupos, las caseínas (80%) y las proteínas séricas (20%) (Agudelo y Bedoya, 2005).

La caseína es la proteína más abundante de la leche, y consta de tres tipos: $\alpha$, $\beta$, $\kappa\kappa$. La albúmina es la proteína de la leche más abundante después de la caseína, con una cifra de 0.5% aproximadamente. Contrario a la caseína, las albúminas se desnaturalizan con facilidad al calentarlas, por esta razón, procesos

de calentamiento a altas temperaturas destruyen gran parte de las proteínas séricas (Agudelo y Bedoya, 2005).

Las globulinas son proteínas de alto peso molecular que se encuentran preformadas en la sangre, aunque también son producidas en el parénquima mamario. Estas proteínas son las que más experimentan fluctuaciones en el transcurso del periodo de lactación. Pueden ir desde el 9% hasta el 16% del total de la proteína y disminuyen hasta ser solo milésimas de dicho porcentaje en las últimas etapas de lactancia (Agudelo y Bedoya, 2005).

#### 3.3.2.5 Minerales

Son las sales solubles e insolubles de aniones orgánicos y minerales que provienen de la sangre del animal. Los componentes en su mayoría son fosfatos, citratos, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonato de sodio, potasio, calcio y magnesio. El contenido de minerales totales se encuentra al rededor del 0.7-0.8% (Guerrero y Rodríguez, 2010).

Según Guerrero y Rodríguez (2010), las concentraciones de minerales en la leche (mg/100 ml) son:

- Potasio 138
- Calcio 125
- Cloro 103
- Fósforo 96
- Sodio 62
- Azufre 30
- Magnesio 8

Durante la duración de la lactancia, los contenidos de calcio y fósforo descienden primero, y vuelven a aumentar al final de la lactancia ligeramente. El contenido del calcio también se ve influido

por la época del año, mientras que la taza de magnesio permanece poco variable. Las alteraciones secretoras, enfermedades del metabolismo y otros estados patológicos dan origen a notables cambios en la concentración de los elementos minerales. Como primer signo de un trastorno secretor, es particularmente frecuente que descienda la tasa de calcio, haciendo que la leche pierda propiedades de coagulación (Agudelo y Bedoya, 2005).

#### 3.3.2.6 Vitaminas

La leche es uno de los alimentos que contienen más variedad de vitaminas, principalmente: A, D, E, K, las cuales al ser liposolubles se concentran mayormente en la crema y mantequilla, mientras que la B y C permanecen en la leche descremada al ser hidrosolubles (Guerrero y Rodríguez, 2010).

**Tabla 2.** ***Vitaminas de la leche de vaca***

| Vitamina | Mg/litro |
|---|---|
| Vitamina A | 0.4 |
| Vitamina D | 0.0006 |
| Vitamina E | 0.98 |
| Tiamina (B1) | 0.44 |
| Riboflavina (B2) | 1.75 |
| Niacina | 0.94 |
| Ácido pantoténico | 3.46 |
| Piridoxina (B6) | 0.64 |
| Biotina | 0.031 |
| Cianocobalamina (B12) | 0.0043 |
| Vitamina C | 21.1 |

(Ordóñez, 1999)

### 3.3.2.7 Enzimas

Son sustancias químicas secretadas por las células, que estimulan las reacciones químicas sin formar parte del compuesto restante, son específicos y su actividad depende del pH y de la temperatura. En la leche de vaca se han detectado al menos 60 enzimas, las cuales provienen del tejido mamario, plasma sanguíneo y de leucocitos de la sangre. Las principales se pueden clasificar en tres grupos: Hidrolasas, Oxidasas y Transferasa.

- Hidrolasas: Lipasa, proteasa y fosfatasa.
- Oxidasas: Lactoperoxidasa, xantin oxidasa, catalasa, superóxido, dismutasa y sulfidriloxidasa.

- Transferasa: la lactosa sintetiza, es la transferasa de más importancia, ya que cataliza la biosíntesis de lactosa (Guerrero y Rodríguez, 2010).

## 3.4 Factores que afectan la leche y su composición

Existen varios factores que pueden alterar la composición y propiedades de la leche, los cuales pueden ser: genéticos, fisiológicos y ambientales. Debido a que estos factores pueden interactuar entre sí o con otros, es difícil predecir con exactitud la composición y propiedades que pueden variar en la leche (Jiménez, 2005).

### 3.4.1 Factores genéticos

#### 3.4.1.1 Raza

Tanto la selección artificial del ganado como su capacidad de adaptación a las condiciones locales, determinan una gran variabilidad en la producción de leche, y en menor grado en su composición, mientras más produzca leche la vaca, menor será la cantidad de materia grasa y proteínas de la leche (Jiménez, 2005).

#### 3.4.1.2 Características individuales

Aunque las vacas sean de una misma raza, la composición puede variar. Cuando las vacas de una misma raza pertenecen a la misma manada, las variaciones se deben a factores puramente genéticos (Jiménez, 2005).

### 3.4.2 Factores fisiológicos

#### 3.4.2.1 Fase de lactación

El tiempo transcurrido desde el parto influye en la composición de la leche, generalmente porque las necesidades del ternero varían con la edad. Cuando la vaca entra en gestación también se afecta la composición de la leche y el periodo de la lactación. La fase de lactación también depende de las condiciones de la vaca, si al momento del parto está bien alimentada, el contenido de materia grasa de la leche inicialmente es alto, fenómeno que no ocurre si la vaca está desnutrida o se le brinda menor comida de la que requiere. Cuando la vaca permanece vacía por mucho tiempo después del parto, el extracto seco se refleja más alto (Jiménez, 2005).

#### 3.4.2.2 Calostro

Esta es la primera secreción después del parto y es muy distinta en composición a la leche. Es más rico en proteínas, grasa y minerales, pero tiene un menor contenido en lactosa. Lo mismo ocurre en el final de la lactación, en donde la leche suele asimilarse al suero sanguíneo y es rica en leucocitos. La composición proteica del calostro es específica, conteniendo un 7% de inmunoglobulinas, mientras que la leche a mitad de lactación solo contiene 1% (Jiménez, 2005).

#### 3.4.2.3 Duración del periodo seco

Este es el periodo de uno a dos meses antes del parto aproximadamente, en este periodo la vaca recupera la condición

física y suele acumular reservar corporales antes del parto. Cuando se deja de ordeñar a una vaca se da como resultado la pérdida definida de la grasa y existe la posibilidad de que dicha vaca se seque permanentemente (Jiménez, 2005).

#### 3.4.2.4 Edad de la vaca

Es de los efectos que se manifiestan en menor porcentaje. Las vacas llegan a su mayor producción entre los 6 a 8 años de edad, después de alcanzar su producción máxima, esta decrece. Esto se debe al aumento en la cantidad de tejido secretor mamario y al mayor tamaño del animal, con el que aumenta su capacidad de consumir alimento (Jiménez, 2005).

#### 3.4.2.5 Mastitis

Una vaca con mastitis clínica puede llegar a producir leche con 107 bacterias/ml y cuando es sub clínica puede ser entre 105-106 bacterias /ml. La mastitis hace que exista una disminución en la producción de leche y un cambio en la composición debido a que aumenta el número de células somáticas. A su vez, estas leches tienen mayor cantidad de enzimas, como las proteinasas. También se ve afectada la composición de materia grasa debido al aumento de radicales de ácidos grasos de cadena corta (Jiménez, 2005).

### 3.4.3 Ambientales

#### 3.4.3.1 Nutrición

Debido a la homeostasis, la nutrición ejerce un efecto pequeño en la composición de la leche, en comparación con otros factores (Jiménez, 2005).

#### 3.4.3.2 Clima

Las condiciones climáticas ejercen escaso efecto en la composición de la leche a menos que sean extremas. Las temperaturas ambientales mayores a 30 °C°dan lugar a un contenido de materia grasa más alto, y hace que disminuya el contenido de sustancias nitrogenadas y lactosa. Sin embargo, en temperaturas bajo cero, el contenido de nitrógeno es mayor, al igual que el contenido de materia grasa (Jiménez, 2005).

#### 3.4.3.3 Sistema de ordeño

Si el tiempo transcurrido desde el ordeño anterior es corto, la leche producida disminuye, pero su contenido graso es más alto. Por esto, la leche del ordeño de la tarde tiene mayor contenido graso que la de la mañana. Otros componentes lácteos son difícilmente afectados por el ordeño (Jiménez, 2005).

## 3.5 Características microbiológicas de la leche

### 3.5.1 Células somáticas de la leche

Se denomina células somáticas a las células propias del cuerpo, en la leche. Estas células están constituidas por leucocitos y células epiteliales. Los leucocitos se introducen en la leche como respuesta inflamatoria a una enfermedad o lesión. Las células epiteliales se desprenden del revestimiento del tejido de la ubre. Cuando los microorganismos penetran en la ubre y atacan las células del interior de la glándula mamaria, la respuesta inmunitaria del organismo es enviar glóbulos blancos de la sangre para neutralizar a las bacterias invasoras. Estos glóbulos blancos son lo que constituye el conteo de células somáticas (CCS). El número de células somáticas en la leche permite conocer datos sobre la función y estado de la salud de la glándula mamaria, un alto CCS en la leche de vaca significa que hay predominancia de bacterias en la glándula mamaria de la vaca (Hernández y Bedolla, 2008).

**Tabla 3.** ***Valores normales de las células somáticas de la leche***

| **Tipo de célula** | **Porcentaje** |
|---|---|
| Macrófagos | 60% |
| Linfocitos | 25% |
| Neutrófilos | 25% |

(Hernández y Bedolla, 2008)

Un cuarto de la glándula mamaria sano no muestra ninguna alteración patológica, su leche no contiene microorganismos patógenos y contiene un nivel de células somáticas menor de 100,000 células/ml.

**Tabla 4.** ***Diagnóstico de un cuarto según número de células somáticas***

| **Células/ml de leche** | **Estado de la ubre** |
|---|---|
| Menor o igual a 100,000 | Sana, leche normal |
| De 100,000 a 200,000 | Sospechoso, nivel superior fisiológico |
| Más de 200,000 | Mastitis, leche anormal. |

(Hernández y Bedolla, 2008)

Un conteo de CCS mayor a 200,000 células/ml indica la presencia de mastitis sub clínicas. Los conteos de células somáticas por debajo de 400,000 células/ml son típicos de los hatos que poseen buenas prácticas de manejo, pero no tienen un énfasis en control de la mastitis. Conteos mayores a 500,000 células/ml indican que un tercio de la glándula mamaria se encuentra infectada, llevando a una pérdida de leche mayor al 10%, debido a la mastitis sub clínica (Hernández y Bedolla, 2008).

En la Normativa técnica guatemalteca (NTG) 34237 de COGUANOR (2015) se indica que el conteo de células somáticas no debe ser mayor de 400,000 células/ml.

## 3.6 Fuentes de contaminación de la leche

Debido a su química y su contenido en agua, la leche, constituye un medio ideal para la proliferación de microorganismos. La leche suele contaminarse en las partes más cercanas al pezón o la salida de la misma, por la ubre. La colecta, almacenamiento y transporte son acciones que también pueden llevar a la contaminación de este producto, por lo que se debe tener el mejor manejo posible para obtener la mejor calidad microbiológica de la leche (Sandoval, 2007).

La leche puede verse afectada por diversos tipos de contaminantes biológicos, entre los principales se encuentran:

### 3.6.1 Contaminación inicial

Tiene su origen intrínseco en el estado del animal y su ubre. Este tipo de contaminación puede ser a través de dos vías:

#### 3.6.1.1 Vía ascendente

Se refiere a los microorganismos de origen mamario. Debido a la anatomía de la ubre de la vaca, los conductos gruesos y poco ramificados, facilitan la penetración de microorganismos por vía ascendente, haciendo que la leche no sea completamente estéril. El microorganismo que se halla con más frecuencia en las glándulas mamarias es el *Corynebacterium* spp (Celis y Juárez, 2009).

#### 3.6.1.2 Vía endógena

Se refiere a los microorganismos que pueden contaminar la glándula mamaria, que provienen de la sangre del animal. Entre estos están los *Mycobacterium tuberculosis, Brucella abortus* y *Brucella melitensis* (Celis y Juárez, 2009).

### 3.6.2 Contaminación externa

Se refiere a la contaminación que la leche pueda tener al salir de la ubre. Esta contaminación puede provenir del medio ambiente, limpieza del animal, salud e higiene del personal, las maquinas, equipos, utensilios y calidad de agua utilizados durante el ordeño, transporte y almacenamiento de la leche (Celis y Juárez, 2009).

## 3.7 Clasificación de los microorganismos de la leche

### 3.7.1 Bacterias lácticas

Afectan en mayor frecuencia a la leche cruda. Presentan una conducta no benéfica para la leche, ya que metabolizan la lactosa, causando producción de ácido láctico, que al acumularse puede causar variaciones en la leche. La proliferación de estas bacterias puede reducirse mediante el almacenamiento de la leche entre 8° a 10 °C.

### 3.7.2 Bacterias esporuladas

Son bacterias formadoras de esporas, las más comunes son las del género *Bacillus* y *Clostridium*, las cuales son patógenas.

### 3.7.3 Bacterias psicrotróficas

Representan menos del 10% de los microorganismos de la leche higiénica sin refrigerar. Sin embargo, en leches con mala calidad higiénica, estas bacterias pueden llegar a constituirse como predominantes. Los microorganismos psicrótrofos más prevalentes en las leches crudas pertenecen principalmente al género pseudomonas y el más común es *Pseudomona fluoresceína*. Mientras más aumenta el número de microorganismos psicrótrofos, estos sintetizan enzimas termoestables, causando alteraciones bioquímicas en los componentes de la leche (Novoa y Restrepo, 2007).

### 3.7.4 Enterobacterias

Son huéspedes normales del intestino de los mamíferos, por lo tanto, su presencia en el agua y en la leche se relacionan con contaminación de origen fecal. Las más comunes encontradas en productos lácteos son del grupo coliforme. Las enterobacterias más comunes de la leche cruda son: *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Salmonella*, *Shigella, Proteus*. Estas bacterias son hetero fermentativas, grandes productoras de gases y además producen sustancias viscosas y de sabor desagradable, lo cual conduce a la alteración de la leche (Celis y Juárez, 2009).

### 3.7.5 Levaduras y hongos

En la leche cruda la levadura más encontrada es la *Candida*. Esta levadura hace que la leche se torne espumosa debido a las fermentaciones alcohólicas gaseosas. Los hongos, por otro lado, no son de gran importancia en la leche líquida (Celis y Juárez, 2009).

## 3.8 Microorganismos de la leche

### 3.8.1 Coliformes

Pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae,* son bacilos, aerobios, facultativos, que se encuentran en el intestino, heces, suelo, etc. Su temperatura óptima para el desarrollo es de 37 °C° y transforman los azúcares en ácido láctico, anhídrido carbónico e hidrógeno, desprendiendo olor y sabor desagradable. Estas bacterias son destruidas por la pasteurización, por lo que su presencia en leche pasteurizada, a diferencia de la leche cruda, es inaceptable. Por lo que la presencia de coliformes en los productos pasteurizados indica una mala pasteurización,

por lo que deben descartarse. El más conocido de estos microorganismos es *Escherichia coli*, y su presencia es indicador de mala higiene (Aguirre, 2016).

### 3.8.2 *Escherichia coli*

Es una bacteria que normalmente habita en el intestino del ser humano y animales endotermos. Esta bacteria puede transmitirse al hombre por el consumo de leche cruda. *E. coli* es productora de toxina Shiga, que puede crecer a temperaturas que oscilan entre los 7 °C°y 50 °C°con una temperatura óptima para su desarrollo de 37 °C°. Puede proliferar en alimentos ácidos hasta con un pH de 4,4 y en alimentos con actividad de agua mínima de 0.95. *E. coli* O157:H7 es el serotipo de *E. coli* productora de toxina Shiga más importante por su impacto en salud pública. Se ha detectado que el ganado bovino es el principal reservorio de esta cepa (Organización Mundial de la Salud [OMS] 2018).

### 3.8.3 *Staphylococcus aureus*

Son bacterias capaces de producir mastitis en vacas lecheras. El principal reservorio de esta bacteria en las vacas es su cuerpo, ubre, pezones, morro y vagina. Los daños en la ubre producidos por el ordeño incrementan la posibilidad de que se desarrolle una infección por este microorganismo. La infección por *S. aureus* se produce por lo general de una vaca infectada a una no infectada a través de pezoneras, manos, toallas e incluso moscas. Debido a que *S. aureus* puede producir toxinas, este microorganismo es responsable de causar problemas de mastitis. Cuando esta bacteria invade la glándula mamaria, se aloja profundamente en los tejidos celulares y conductos secretores de la misma, produciendo abscesos en la ubre. Estos abscesos pueden reabrirse y provocar

reinfecciones o elevación del recuento de células somáticas, además de que pueden limitar de forma permanente la habilidad de un cuarto mamario para producir leche y responder a los tratamientos (*Mellenberger y Kirk*, 2016).

### 3.8.4 *Salmonella*

La *Salmonella* pertenece a la familia Enterobacteriaceae, son bacilos anaerobios no facultativos, gramnegativos, provistos de flagelos. (Ochoa, 2019). La *Salmonella* puede estar presente en diversos animales, incluyendo las aves, roedores, cerdos y ganado vacuno. Los roedores infectados como la rata y el ratón pueden contaminar alimentos no protegidos a partir de sus heces y contribuir a la diseminación de este microorganismo. Las moscas, también juegan un papel importante en el proceso de diseminación, especialmente contaminando los alimentos con materias fecales.

La salmonella, es uno de los géneros bacterianos asociados a enfermedades de origen hídrico, además son aisladas del agua fresca, servidas, dulce y saladas, además de ciertos alimentos. La *Salmonella* además, constituye la segunda causa de morbilidad en países en vías de desarrollo, después de los procesos respiratorios, en donde la mayor parte de intoxicaciones es por la contaminación de alimentos de origen bacteriano (Velásquez, 2008).

La presencia de salmonella en la leche cruda puede convertirse en un riesgo para la salud humana, motivo por el cual es evidente que la aplicación de buenas prácticas de manejo y de condiciones higiénico sanitarias contribuirá de manera directa a la disminución de la contaminación de la leche con este microorganismo (Martínez, 2018).

### 3.8.5 *Listeria*

*Listeria monocytogenes* es una especie de bacteria patógena, que puede encontrarse en ambientes húmedos, suelo, agua, vegetación en descomposición y animales. Esta bacteria puede sobrevivir en refrigeración y otro tipo de preservación de alimentos. Generalmente, la listeria se transmite a la comida cuando esta es procesada, preparada, empacada o transportada en ambientes contaminados con dicha bacteria. Los ambientes pueden contaminarse por materiales crudos, agua, suelo y aire. Los brotes de listeriosis se han relacionado con el consumo de leche cruda sin pasteurizar, y otros subproductos como helados y quesos. Cuando los alimentos contaminados con este patógeno se encuentran en refrigeración, tienen más oportunidad de continuar reproduciéndose en dicho alimento mientras más tiempo se almacenen en refrigeración. Para impedir que se continúe reproduciendo dicho patógeno en los productos en refrigeración, se deben almacenar a una temperatura máxima de 4 °C o congelar a 0 °C (U.S. Food and Drug Administration [FDA], 2022).

El patógeno tiene como característica la resistencia térmica a altas temperaturas, por lo que la única forma de eliminación de este patógeno en la pasteurización es la elevación de la temperatura a 72 °C durante 15 o más segundos. La presencia de listeria en la leche o productos pasteurizados, obedece a procesos deficientes o una recontaminación post tratamiento térmico. En países como Canadá y países de la Unión Europea se ha establecido como máximo límite de tolerancia 100 ufc/g, para alimentos sin tratamiento térmico previo al consumo, ya que se considera que la listeria no puede ser completamente eliminada del ambiente en las industrias de alimentos. En Estados Unidos, el límite de

tolerancia, en cambio, es de cero para el patógeno en todos los alimentos (Schöbitz, Marín, Horzella, & Carrasco, 2001).

## 3.9 Características microbiológicas de la leche cruda y su clasificación

En la Normativa técnica guatemalteca (NTG) 34237 de COGUANOR (2015), se especifican las características microbiológicas de la leche cruda y se clasifica a la misma en tres categorías:

**Tabla 5**

***Clasificación de la leche cruda según sus características microbiológicas***

| | Clase A | Clase B | Clase C |
|---|---|---|---|
| Recuento anaerobio | <300000 | <300001- 500000 | <500001-1000000 |
| Coliformes | <100 | <101-500 | <501-1000 |
| *E. coli* | <10 | <11-50 | <51-100 |
| *S. Aureus* | Ausencia | Ausencia | Ausencia |
| *Salmonella* sp. | Ausencia | Ausencia | Ausencia |
| *Listeria* sp. | Ausencia | Ausencia | Ausencia |

Además, la NTG 34237 dice que la leche deberá estar libre de tuberculosis y brucelosis. También especifica que solo la clase A es apta para el consumo humano. La clase A, B, C son para uso industrial.

Por otro lado, la NTG 34237 especifica que la leche cruda de vaca no debe presentar residuos antibióticos en niveles superiores a los límites máximos permisibles determinados por la autoridad sanitaria competente. La leche solo

puede darse para el consumo humano cuando haya transcurrido el periodo de retiro especificado en el rótulo del medicamento o insumo en cuestión.

En la norma COGUANOR NGO 34 040:97 se indica que la leche de vaca, sin pasteurizar, debe conservarse a 4.5 °C, pero la industria lechera actual requiere que, al momento de su recolección, la leche esté lo más fría posible (a 0.5 °C, siendo esta la temperatura más baja a la que no se presenta congelamiento), teniendo un límite superior de temperatura para recolección de 4 °C, esto considerando el aumento de temperatura en el transporte hasta la planta procesadora. En su defecto se permite la conservación de la leche mediante el sistema de la lactoperoxidasa y/o el procedimiento con peróxido de hidrógeno y Catalasa, siempre y cuando estén vigentes en el Códex Alimentarius (COGUANOR, 1997).

### 3.10 Recuento aeróbico total (RAT)

Es una técnica general utilizada para estimar el número de microorganismos presentes en muestras de alimentos. Se utiliza como indicador de la población bacteriana en muestras y es útil para evaluar su calidad. El procedimiento general para realizar un recuento total aerobio incluye la preparación de la muestra, diluciones decimales, montaje de las diluciones en placas en u medio apropiado, incubación de las placas y recuento. Las diluciones decimales se realizan para obtener placas en donde se puede contar fácilmente el número de colonias. Estas diluciones consisten en colocar un volumen de la muestra en un volumen de diluyente en una relación 1:10. Tradicionalmente, se utilizan 1 ml de muestra en 99 ml de diluyente o 10 ml de muestra en 90 ml de diluyente (Wong-González, 2008).

### 3.10.1 Petrifilm

Estas son placas listas para la toma de muestras. Estas placas son un sistema compuesto por un medio de cultivo listo para usar que contiene nutrientes, un agente gelificante soluble en agua fría y una tecnología de indicador de detección dual que facilita la enumeración de las colonias 24 horas para la mayoría de alimentos (Neogen, 2023).

Para la utilización de este producto es necesario preparar una dilución de 1:10 de la muestra. Se debe pesar la muestra en una funda o bolsa de tipo Stomacher® o cualquier otro contenedor estéril apropiado. Posteriormente, se debe adicionar la cantidad apropiada de los diluyentes estériles. Tampón Butterfield (tampón IDF fosfato, 0.0425 g/L de KH2PO4 y con pH ajustado a 7.2); agua de peptona al 0.1%; diluyente de sal peptonada (método ISO 6887); *buffer* de agua de peptona (método ISO 6579); solución salina (0.85 a 0.90%); caldo Letheen libre de bisulfato o agua destilada. Seguido de esto se debe homogeneizar. Para la inoculación, se debe levantar la lámina semitransparente superior, en el centro se debe colocar 1 ml de la dilución de la muestra en el centro de la película cuadriculada y colocar la película de nuevo sobre la dilución. Colocar el dispersionador sobre la película para distribuir la muestra en el área circular, luego proceder a la incubación. Para leche y productos lácteos se debe incubar 48 h (± 3 h) a 32 °C (± 1 °C). Las placas pueden ser contadas en un contador de colonias estándar. Las colonias pueden ser aisladas para su identificación posterior levantando la película superior y recogiendo el gel.

Las placas petrifilm cuentan con un indicador rojo que colorea las colonias para su mejor identificación y se deben contar todas las colonias sin importar su tamaño o intensidad de color (3M, 2017).

# IV. MATERIALES Y MÉTODOS

## 4.1 Materiales

### 4.1.1 Recursos humanos

- Investigadora
- Dos asesores profesionales de tesis
- Un evaluador profesional de tesis

### 4.1.2 Recursos materiales

- Computadora
- Internet
- Teléfono móvil
- Transporte: vehículo personal
- Tableta
- Lápiz digital
- Impresora
- Dispositivo USB de almacenamiento
- Lápiz
- Lapicero
- Post-its
- Hojas de papel
- Calculadora

### 4.1.3 Centros de referencia

- Búsqueda electrónica en la red

- Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR)
- Normativa Técnica Guatemalteca NTG 34237
- Normativa Guatemalteca Obligatoria NGO 34041

## 4.2 Metodología

El presente trabajo de investigación se basa en la recopilación de datos sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche cruda de vaca de las fincas y centros de acopio recibida durante el año 2021. No existió ningún criterio de selección, ya que se tomarán en cuenta todas las muestras procesadas en este año.

### 4.2.1 Área de estudio

El estudio se realizó sobre los datos de las regiones metropolitana, central y suroriental de Guatemala, en específico los departamentos de: Escuintla, Santa Rosa, Jutiapa, Jalapa, y Guatemala. En este estudio los departamentos anteriormente mencionados se clasificaron en las regiones de esta manera:

- **Región metropolitana:** Guatemala
- **Región central:** Escuintla
- **Suroriental:** Santa Rosa, Jutiapa, Jalapa (Ver anexo 1).

### 4.2.2 Selección de la muestra

Se seleccionaron todos los ingresos de leche registrados en el sistema de la empresa, que proveyó los datos, de las fincas y acopios proveedores situados en las regiones de estudio, durante el año 2021. Los datos a

tomar en cuenta fueron las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche acopiada en el laboratorio privado de la empresa.

### 4.2.3 Diseño del estudio

Descriptivo retrospectivo documental. Se utilizó la estadística descriptiva, medidas de tendencia central; media, mediana y moda. Desviación estándar y coeficiente de variación.

### 4.2.4 Análisis de datos

Se recopilaron los datos en hojas de Microsoft Excel, se evaluaron y analizaron por medio de estadística descriptiva, además se utilizaron gráficas y mapas para realizar una mejor descripción de los datos analizados.

### 4.2.5 Variables estudiadas

En cada una de las regiones a estudiar se analizaron los datos de las siguientes variables:

- Materia grasa en porcentaje (%)
- Sólidos totales en porcentaje (%)
- Acidez en grados Dornic
- Proteína en porcentaje (%)
- *E. coli* en Unidades formadoras de colonia (UFC) /ml
- Recuento aerobio total en UFC/ml

Las variables anteriormente mencionadas, son los únicos datos proporcionados por el laboratorio privado, y serán las únicas evaluadas, a pesar de no ser la totalidad de las variables que aparecen en la NGO 34041 y la NTG 34237.

### 4.2.6 Interpretación

Los resultados obtenidos se expresaron en porcentajes y en UFC según sea el caso. Se interpretaron los datos obtenidos con estadística descriptiva por medio de las diferentes medidas de tendencia central, la desviación estándar y medida de variación, por cada variable a estudiar. También se presentaron los promedios y se resumieron mediante la estadística descriptiva. Dichos resultados fueron comparados con los parámetros establecidos en la NGO 34041 y la NTG 34237 para poder llegar a formar las conclusiones del estudio, donde se determinó la calidad de las muestras de leche estudiadas.

# V. RESULTADOSY DISCUSIÓN

## 5.1 Región metropolitana

En la región metropolitana se analizaron datos a los cuales se les realizaron los siguientes cálculos estadísticos:

**Tabla 6. Parámetros analizados de la región metropolitana**

| | Acidez % | Proteína | Grasa | Sólidos totales % | Recuento aerobio total ufc/ml | *E. Coli* ufc/ml |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Media | 0.18 | 3.52 | 3.87 | 14.70 | 489184.84 | 54.58 |
| Mediana | 0.15 | 3.49 | 3.84 | 12.94 | 90000 | 0 |
| Moda | 0.15 | 3.51 | 3.88 | 13 | 10000 | 0 |
| Desviación estándar | 0.96 | 0.95 | 0.48 | 44.65 | 1258113.39 | 504.8 |
| Coeficiente de variación | 5.24 | 0.27 | 0.12 | 3.03 | 2.57 | 9.24 |

**Acidez:** En promedio, en el área metropolitana la acidez se encontraba en 0.18 %, esto es 0.01% más del límite establecido para la acidez de la leche cruda en la normativa guatemalteca obligatoria (NGO) 34041. Cincuenta por ciento de los datos analizados de la acidez indican que son menores o iguales a 0.15%, lo que quiere decir que 50% de las muestras analizadas cumplen con los estándares establecidos en cuanto a acidez, en la NGO 34041. La acidez con más frecuencia de los datos analizados es 0.15%, que también se encuentra dentro de los límites establecidos en la NGO 34041. La dispersión de los datos analizados fue del 0.96% lo que indica

que la mayoría de los datos se encuentran cercanos al promedio, pues la desviación estándar es cercana a cero. Los datos de acidez que conforman la muestra, presentan una alta variabilidad en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí.

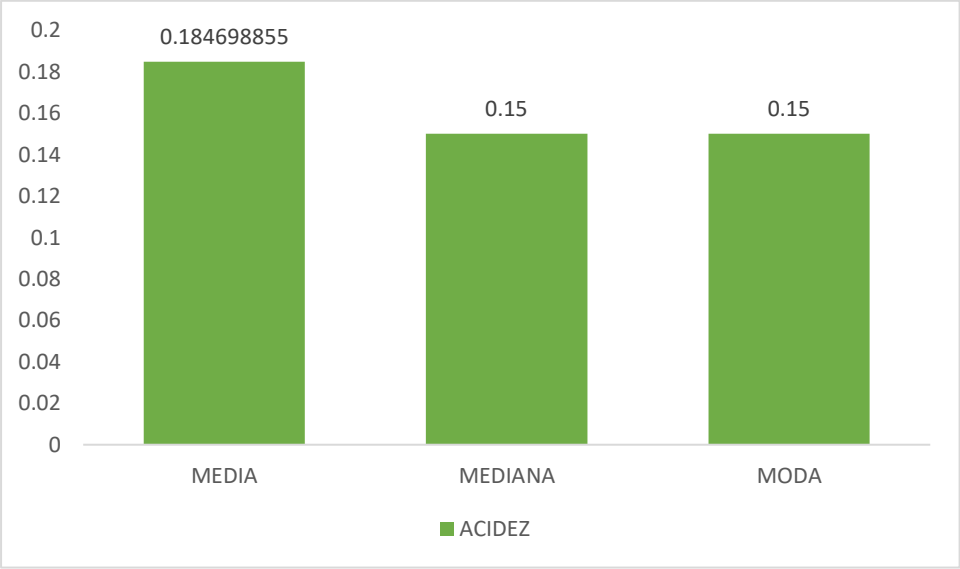



**Figura 1:** Media, mediana y moda de la acidez de los datos de la región metropolitana.

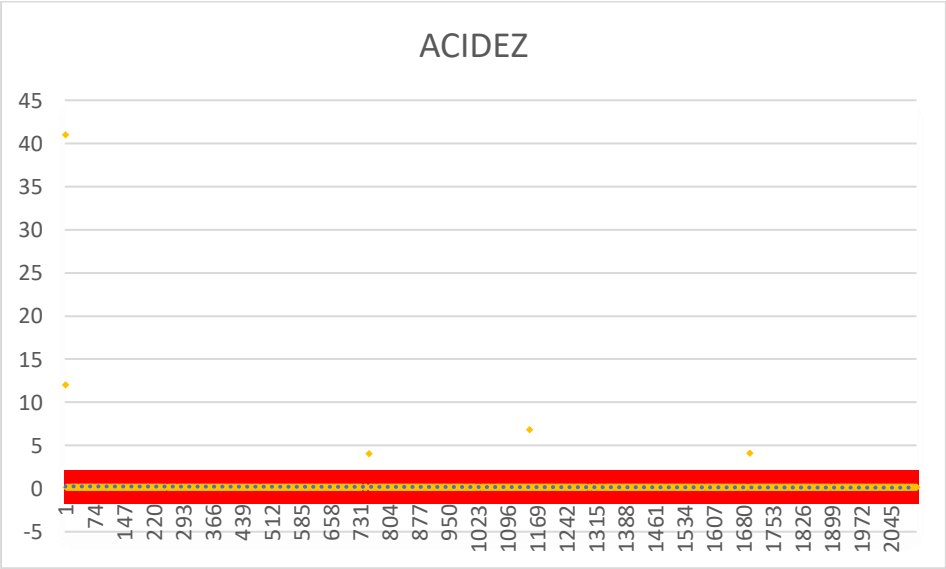


**Figura 2:** dispersión de los datos de acidez analizados. Puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos que se encuentran más cercanos a promedio se encuentran dentro de las líneas rojas, sin embargo, hay 5 datos que fluctúan fuera de los límites de la desviación estándar.

**Proteína:** En promedio, la proteína de los datos analizados en esta área metropolitana es del 3.52%, lo cual se encuentra 0.32% por encima del mínimo establecido dentro de la NGO 34041. Cincuenta por ciento de los datos analizados son mayores o iguales a 3.49% estos datos, cumplen con el mínimo establecido en cuanto a porcentaje de proteína establecido en la NGO 34041. El porcentaje de proteína con más frecuencia encontrado de los datos analizados fue de 3.51% que también se encuentra por encima del mínimo establecido en la NGO 34041. La dispersión de los datos analizados fue del 0.95% lo que indica que la mayoría de los datos se encuentran cercanos al promedio, pues la desviación estándar es cercana a cero. Los datos de proteína que conforman la muestra, presentan una a variabilidad moderada en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

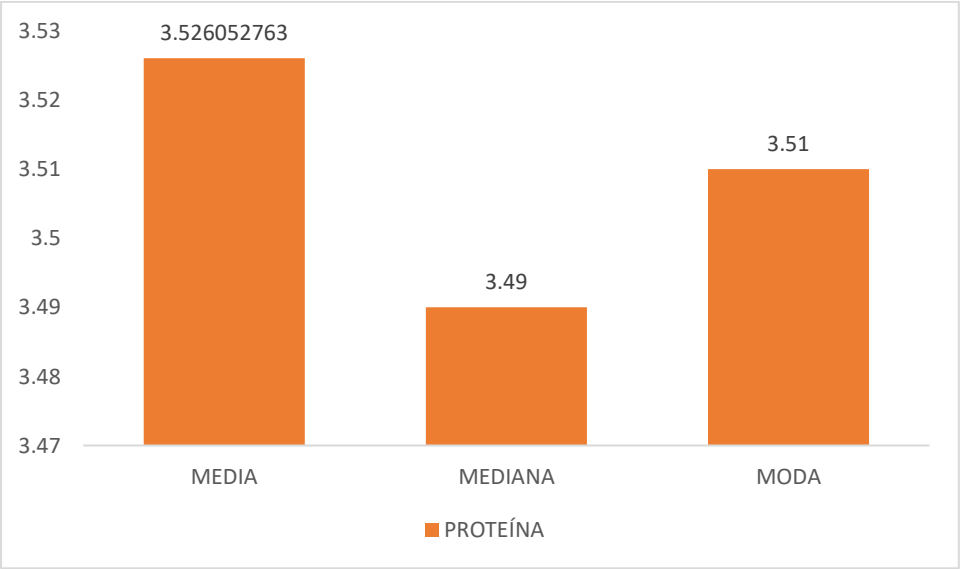



**Figura 3:** Media, mediana y moda de los datos de la proteína de la región metropolitana.

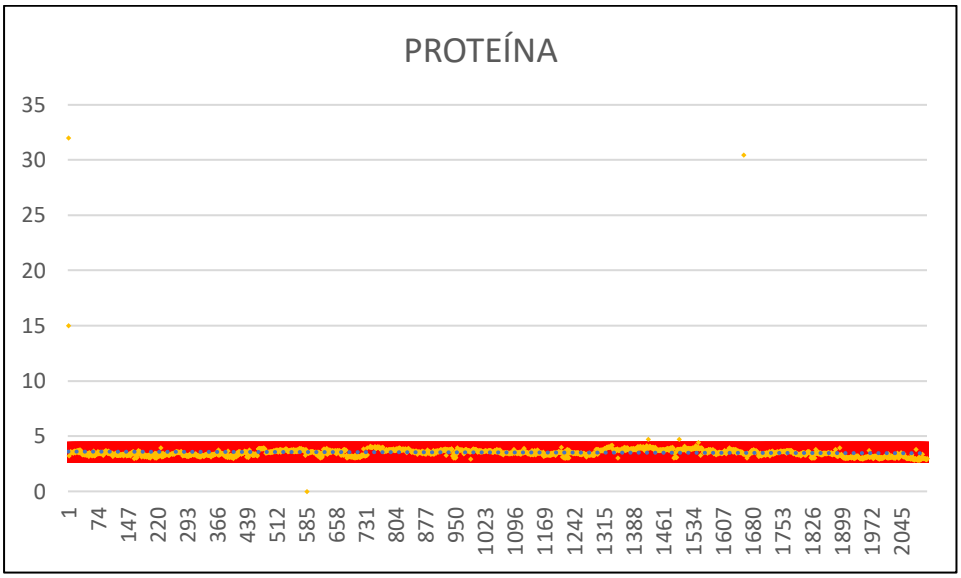



**Figura 4:** Dispersión de los datos de proteína analizados. Puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos que se encuentran más cercanos a promedio se encuentran dentro de las líneas rojas.

**Grasa:** En promedio, el porcentaje de grasa de las muestras analizadas fue del 3.87%, esto es 0.87% más que el mínimo establecido en la NGO 34041. Cincuenta por ciento de los datos analizados indican que son mayores o iguales a 3.84, lo que quiere decir que 50% de las muestras analizadas se encuentran por encima del mínimo de porcentaje de grasa establecido en la NGO 34041. El porcentaje de grasa encontrado con mayor frecuencia de los datos analizados fue del 3.88%, esto es 0.88% por encima del mínimo establecido en la NGO 34041. La dispersión de los datos analizados fue del 0.48% lo que indica que la mayoría de los datos se encuentran cercanos al promedio. Además, la variabilidad de los porcentajes fue del 0.12%, una variabilidad baja para las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

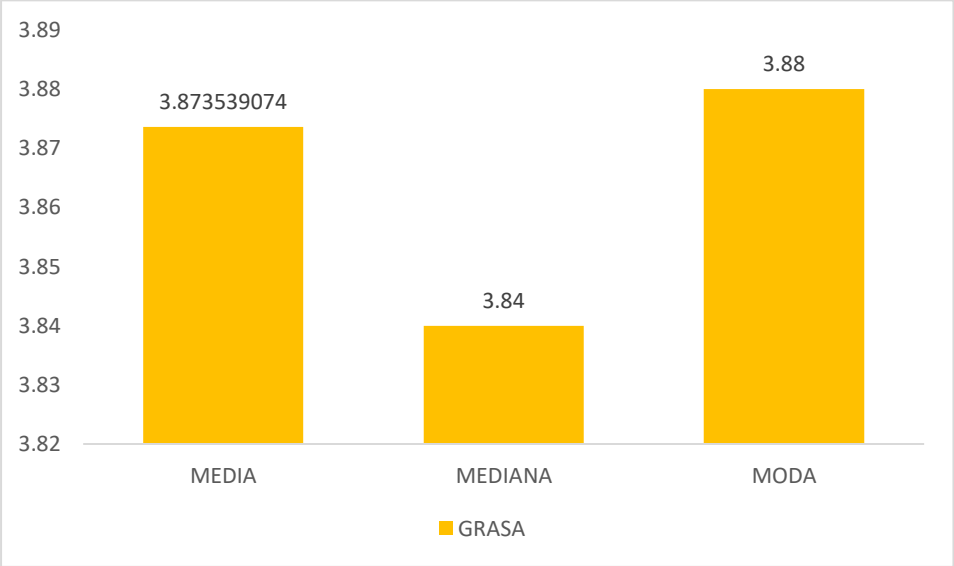



**Figura 5:** Media, mediana y moda de los datos de la grasa de la región metropolitana.

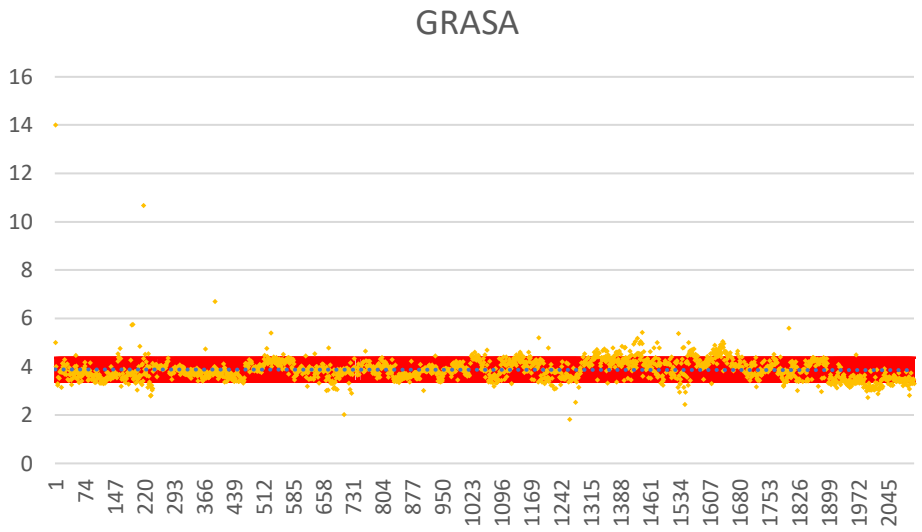



**Figura 6:** dispersión de los datos de grasa analizados. Puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos que se encuentran más cercanos a promedio se encuentran dentro de las líneas rojas. En esta variable analizada los datos fluctúan fuera de los límites máximos y mínimos, pero son pocos y por esto la variabilidad es baja.

**Sólidos totales:** En promedio, los datos analizados presentaron un 14.7% de sólidos totales, esto es un 3.2% más que el mínimo establecido en la NGO 34041. El 50% de los datos son mayores o iguales a 12.94%, es decir, 50% de los datos analizados se encuentran como mínimo un 1.44% por encima del mínimo establecido en la NGO 34041. El porcentaje de sólidos totales encontrado con más frecuencia fue del 13%, esto es un 1.5% más del mínimo establecido en la NGO 34041. La dispersión de los datos analizados fue del 44.65% lo que indica que los datos se encuentran muy lejanos al promedio. Además, la variabilidad del 3.03% es una variabilidad alta, con respecto a la media y las dispersiones que tienen los datos entre sí.

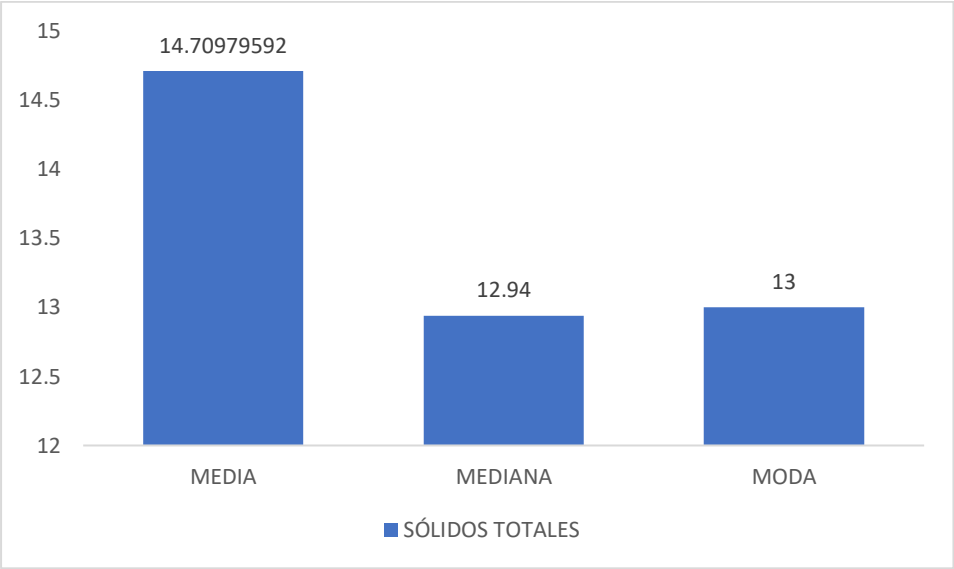



**Figura 7:** Media, mediana y moda de los datos de los sólidos totales de la región metropolitana.

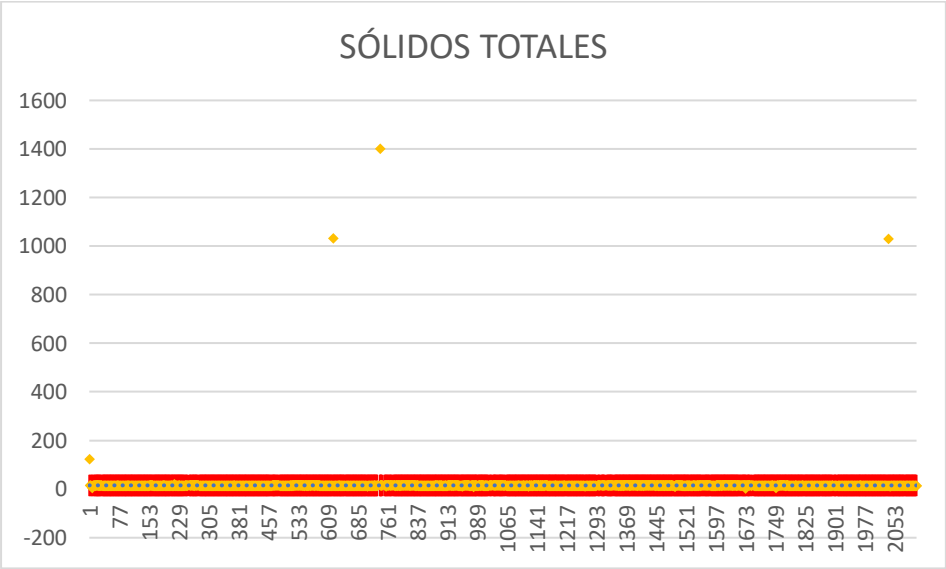



**Figura 8:** Dispersión de los datos de sólidos totales analizados. Puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos que se encuentran más cercanos a promedio se encuentran dentro de las líneas rojas. En esta variable analizada los datos que fluctúan fuera de los límites máximos y mínimos, hacen que la variabilidad sea alta con respecto a la media y entre los datos.

**Recuentro aerobio total:** En el área metropolitana, se encontró en promedio una cantidad de, 489184.84 UFC/ml, esto se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la NTG 34237 que clasifica a la leche en clase B. El 50% de las muestras analizadas tenían un número menor o igual a 90000 UFC/ml, lo cual indica que 50% de las muestras se clasifican dentro de la clase A, según la NTG 34237. El número de UFC/ml con más frecuencia encontrado fue de 10000UFC/ml. La dispersión de los datos analizados fue de, 1258113.3, lo cual indica que los datos se encuentran muy lejanos al promedio y además la variabilidad para estos datos fue del 2.57, indicando una variabilidad muy alta respecto a la media y a las dispersiones que tienen los datos entre sí.

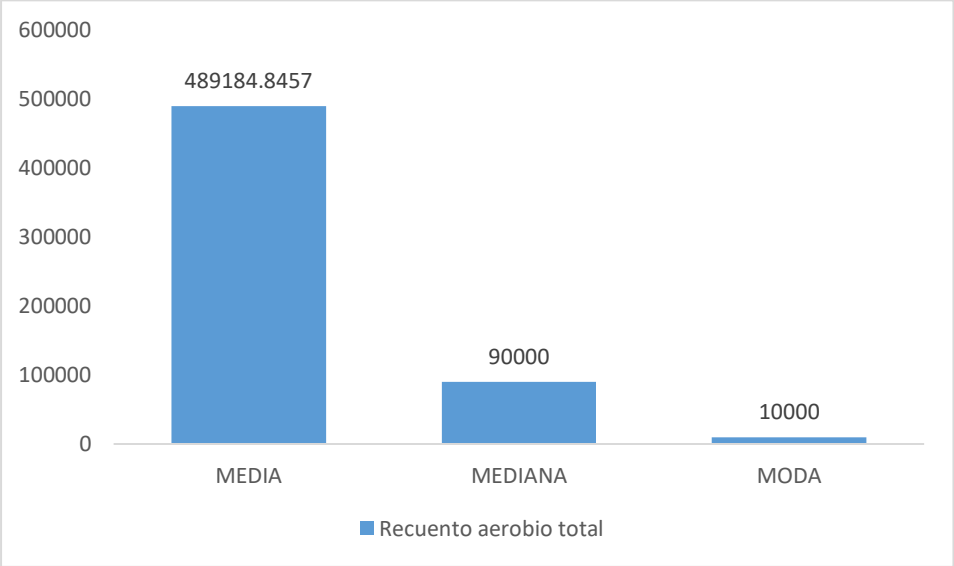



**Figura 9:** Media, mediana y moda de los datos del recuento aerobio total de la región metropolitana.

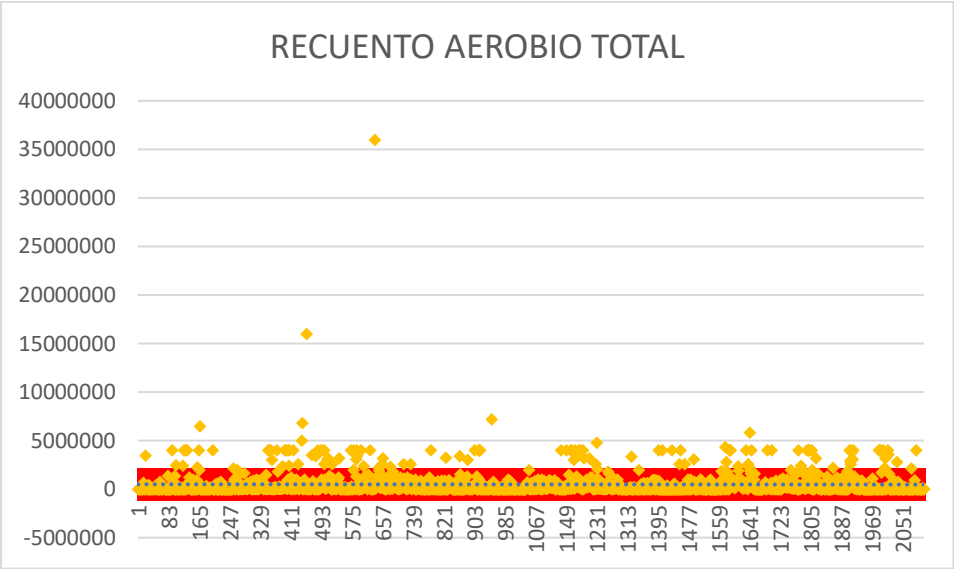



**Figura 10**: Dispersión de los datos de analizados. Puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos que se encuentran más cercanos a promedio se encuentran dentro de las líneas rojas, sin embargo, la mayoría de los datos se encuentran lejanos al promedio. En esta variable analizada los datos que fluctúan fuera de los límites máximos y mínimos, hacen que la variabilidad sea muy alta con respecto a la media y entre los datos.

***E. coli:*** En promedio se encontró la cantidad de 54.58 UFC/ml, esto se clasifica dentro de la clase C en la NTG 34237. Para que las muestras de leche fueran clasificadas como clase A, tendrían que tener como máximo 10UFC/ml de *E. coli*. Cincuenta por ciento de los datos analizados tienen una cantidad de 0 UFC/ml, lo cual clasifica a estas muestras dentro de la clase A, según la NTG 34037. El número de UFC/ml con más frecuencia encontrado fue 0. La dispersión de los datos analizados fue de 504.8 lo que indica que los datos se encuentran muy lejanos a la media y además una variabilidad del 9.24% es una variabilidad muy alta con respecto a la media y a las dispersiones de los datos entre sí.

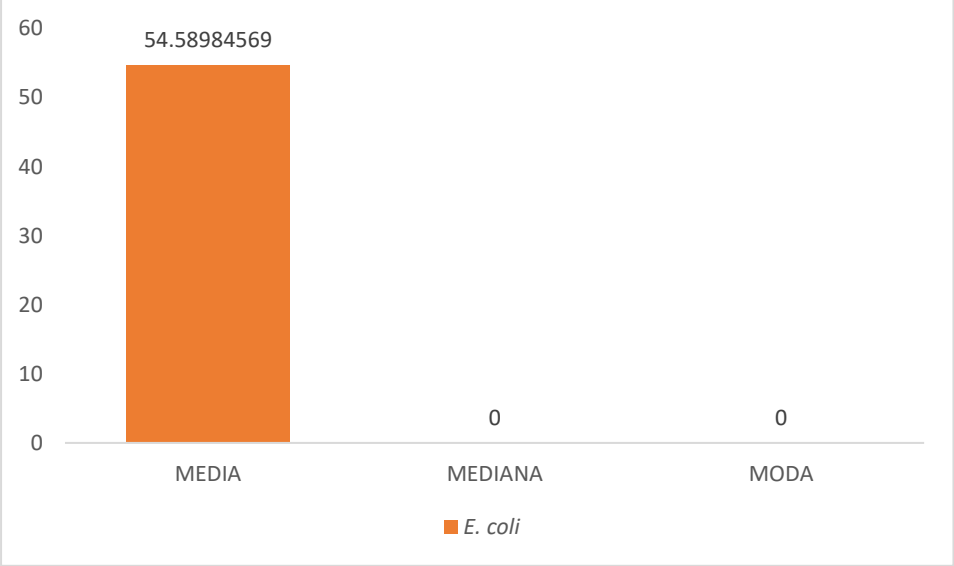



**Figura 11:** Media, mediana y moda de los datos de la presencia de UFC/ml de *E. coli* total de la región metropolitana.

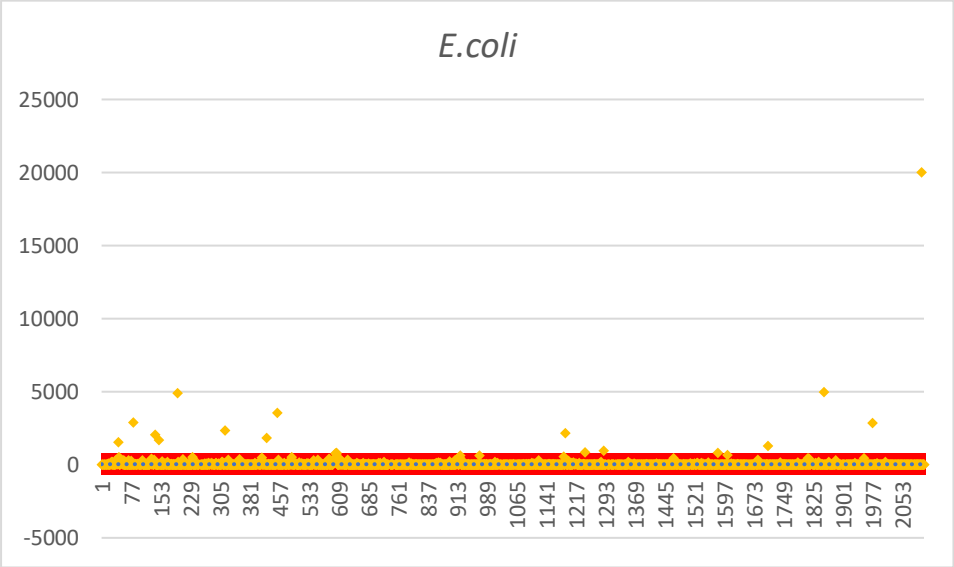



**Figura 12:** Dispersión de los datos de *E. coli* analizados. Puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos que se encuentran más cercanos a promedio se encuentran dentro de las líneas rojas. En esta variable analizada los datos que fluctúan fuera de los límites

máximos y mínimos, hacen que la variabilidad sea muy alta con respecto a la media y entre los datos.

### 5.2 Región central

**Tabla 7.** Parámetros analizados de la región central

| | Acidez | Proteína | Grasa | Sólidos totales | Recuento aerobio total ufc/ml | *E. Coli* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| media | 0.14 | 3.32 | 4.07 | 12.67 | 667690.3 | 19.51 |
| mediana | 0.14 | 3.24 | 4.02 | 12.73 | 230000 | 0 |
| moda | 0.14 | 3.18 | 4.02 | 12.74 | 0 | 0 |
| desviación estándar | 0.006 | 1.38 | 1.32 | 0.75 | 1255305.93 | 48.33 |
| coeficiente de variación | 0.04 | 0.41 | 0.32 | 0.05 | 1.88 | 2.47 |

**Acidez:** En promedio, la acidez fue del 0.1407% para la región central, 0.01% más del mínimo establecido para la acidez de la leche cruda en la normativa guatemalteca obligatoria (NGO) 34041, lo que quiere decir que se encuentra dentro de los parámetros. Cincuenta por ciento de los datos analizados de la acidez indican que son menores o iguales a 0.14%, lo que quiere decir que al menos el 50% de las muestras analizadas cumplen con los estándares establecidos en cuanto a acidez, en la NGO 34041. La acidez con más frecuencia de los datos analizados es 0.14%, que también se encuentra dentro de los límites establecidos en la NGO 34041. La dispersión de los datos analizados fue del 0.006% lo que indica que la mayoría de los datos se encuentran cercanos al promedio, pues la desviación estándar es cercana a cero. Los datos de acidez que

conforman la muestra, presentan una baja variabilidad en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí y con la media.

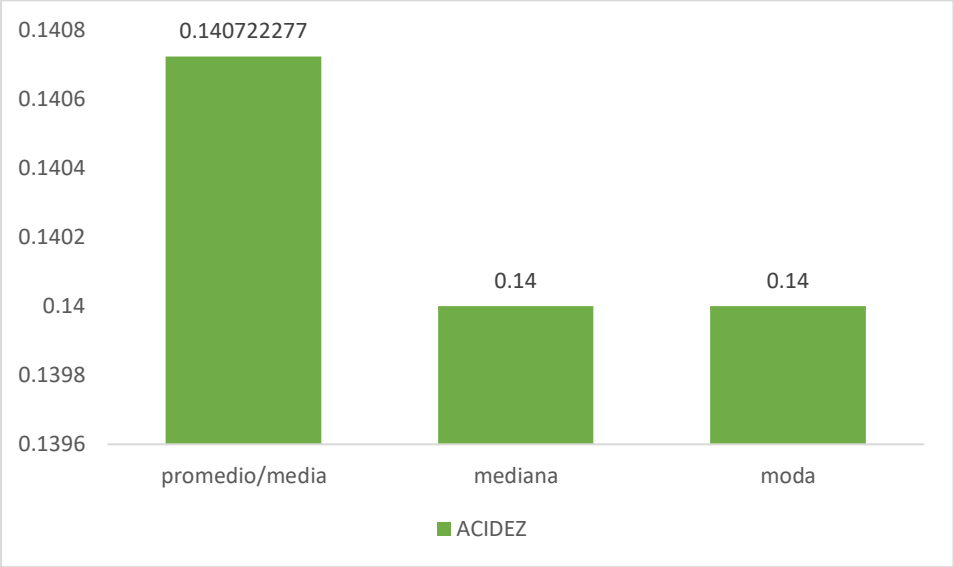



**Figura 13:** Media, mediana y moda de los datos de acidez para la región central.

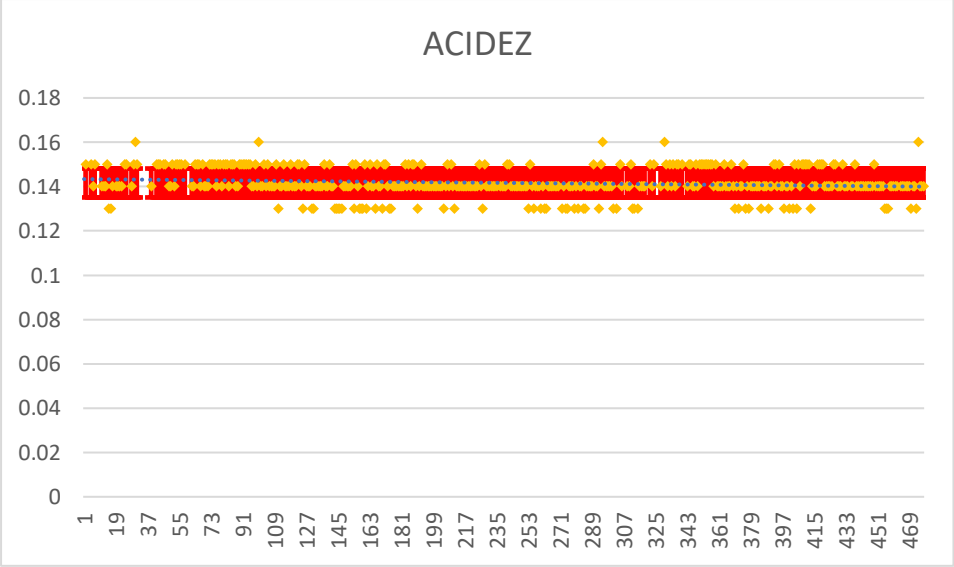



**Figura 14:** Dispersión de los datos de acidez analizados. Puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos que se

encuentran más cercanos a promedio se encuentran dentro de las líneas rojas. En esta variable analizada los datos tienen una variabilidad muy baja y se encuentran cercanos al promedio.

**Proteína:** En promedio, la proteína de los datos analizados en esta área es del 3.52%, lo cual se encuentra 0.32% por encima del mínimo establecido dentro de la NGO 34041. 50% de los datos analizados son mayores o iguales a 3.49% estos datos, cumplen con el mínimo establecido en cuanto a porcentaje de proteína establecido en la NGO 34041. El porcentaje de proteína con más frecuencia encontrado de los datos analizados fue de 3.51% que también se encuentra por encima del mínimo establecido en la NGO 34041. La dispersión de los datos analizados fue del 0.95% lo que indica que la mayoría de los datos se encuentran cercanos al promedio, pues la desviación estándar es cercana a cero. Los datos de proteína que conforman la muestra, presentan una a variabilidad moderada en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

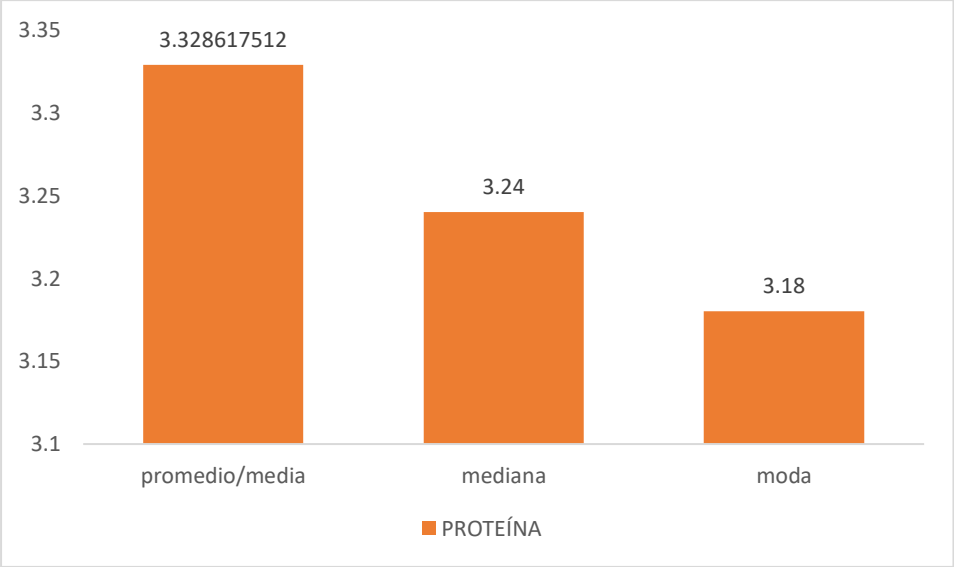



**Figura 15:** Media, mediana y moda aplicadas a los datos de proteína para la región central.

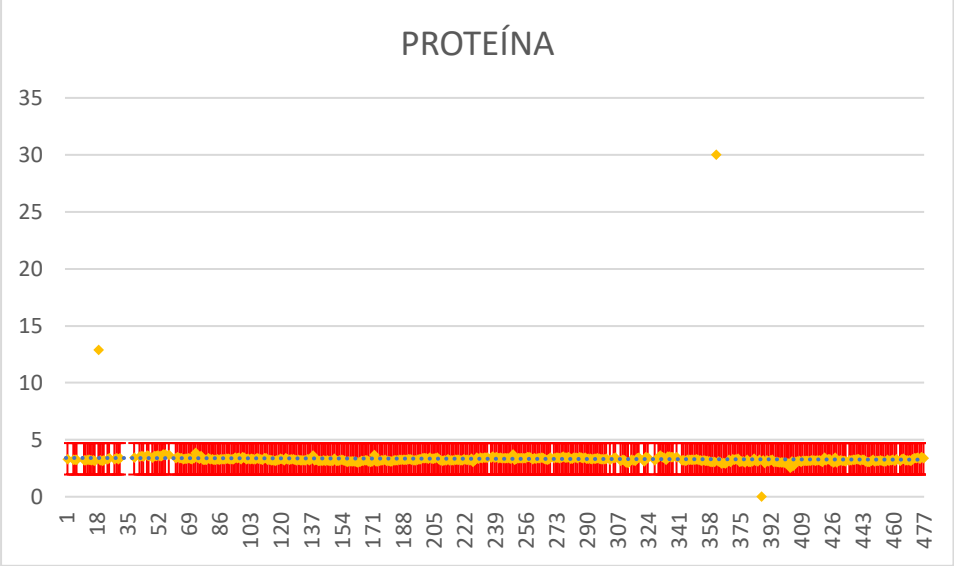



**Figura 16:** dispersión de los datos de proteína analizados. Puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos que se encuentran más cercanos a promedio se encuentran dentro de las líneas rojas. En esta variable analizada los datos tienen una variabilidad moderada y se encuentran cercanos al promedio, aunque hay tres datos que salen de los límites máximos y mínimos.

**Grasa:** En promedio, el porcentaje de grasa de las muestras analizadas fue del 4.07%, esto es 1.07% más que el mínimo establecido en la NGO 34041. Cincuenta por ciento de los datos analizados indican que son mayores o iguales a 4.02%, lo que quiere decir que 50% de las muestras analizadas se encuentran por encima del mínimo de porcentaje de grasa establecido en la NGO 34041. El porcentaje de grasa encontrado con mayor frecuencia de los datos analizados fue del 4.02%, esto es 1.02% por encima del mínimo establecido en la NGO 34041. La dispersión de los datos analizados fue del 1.32% lo que indica que la mayoría de los datos se encuentran cercanos al promedio. Además, la variabilidad de los

porcentajes fue del 0.32%, una variabilidad baja para las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

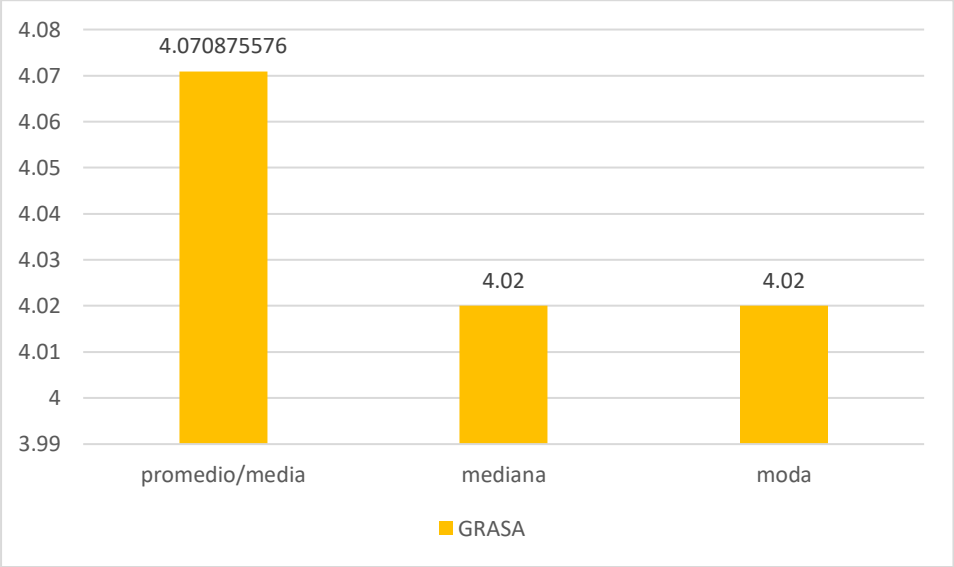



**Figura 17:** Media, mediana y moda para los datos de grasa, de la región central.

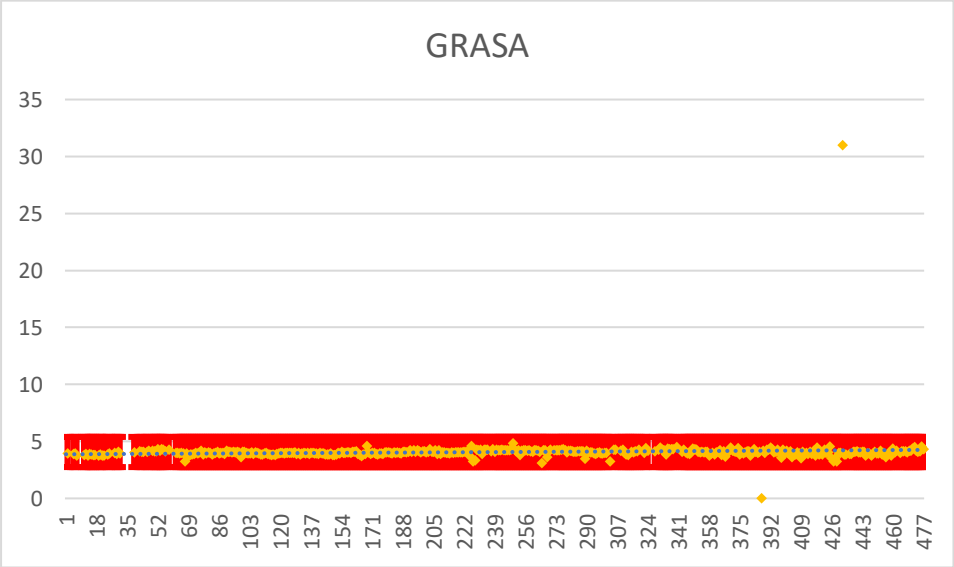



**Figura 18:** dispersión de los datos del porcentaje de grasa analizados. Puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos que se encuentran más cercanos a promedio se encuentran dentro de las líneas rojas. En esta variable analizada los datos tienen una

variabilidad baja, variabilidad baja en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

**Sólidos totales:** En promedio, los datos analizados presentaron un 12.67% de sólidos totales, esto es un 1.17% más que el mínimo establecido en la NGO 34041. El 50% de los datos son mayores o iguales a 12.73%, es decir, 50% de los datos analizados se encuentran como mínimo un 1.23% por encima del mínimo establecido en la NGO 34041. El porcentaje de sólidos totales encontrado con más frecuencia fue del 12.74%, esto es un 1.24% más del mínimo establecido en la NGO 34041. La dispersión de los datos analizados fue del 0.75% lo que indica que los datos se encuentran muy cercanos al promedio. Además, la variabilidad del 0.05% es una variabilidad baja, con respecto a la media y las dispersiones que tienen los datos entre sí.

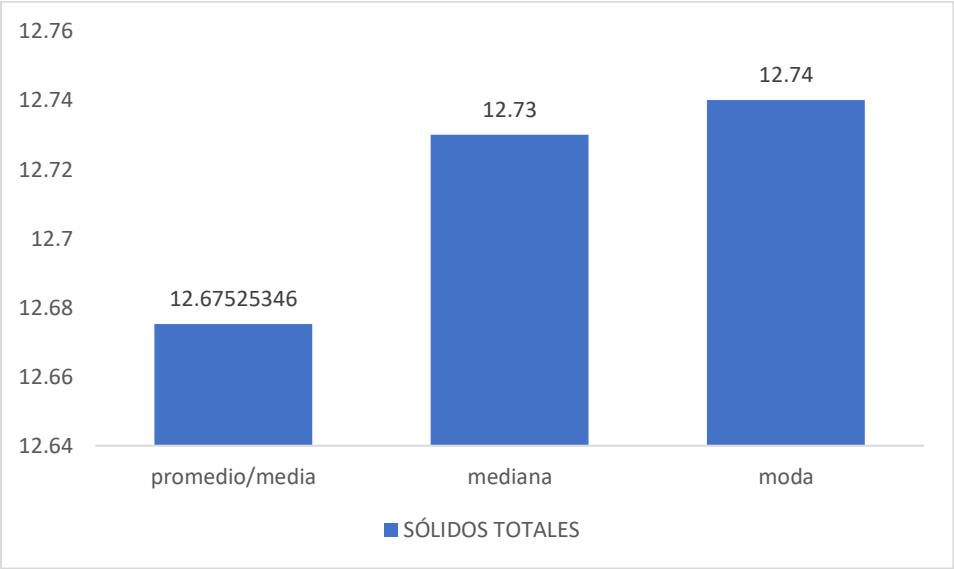



**Figura 19:** media, mediana y moda para los datos de sólidos totales, de la región central.

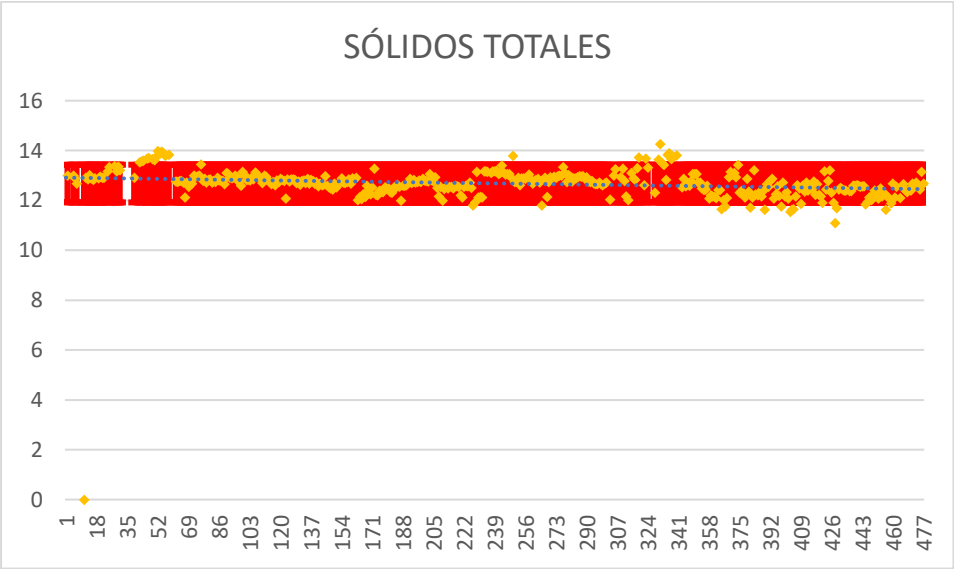



**Figura 20:** dispersión de los datos de sólidos totales analizados. Puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos se encuentran muy cercanos al promedio dentro de las líneas rojas. En esta variable analizada los datos tienen una variabilidad muy baja en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

**Recuento aerobio total:** En el área central, se encontró en promedio una cantidad de, 667690.3 UFC/ml, esto se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la NTG 34237 que clasifica a la leche en clase c. El 50% de las muestras analizadas tenían un número menor o igual a 230000 UFC/ml, lo cual indica que 50% de las muestras se clasifican dentro de la clase A, según la NTG 34237. El número de UFC/ml con más frecuencia encontrado fue de 0 UFC/ml. La dispersión de los datos analizados fue de 1255305.93 lo cual indica que los datos se encuentran altamente lejanos al promedio y además la variabilidad para estos datos fue del 1.88, indicando una variabilidad muy alta respecto a la media y a las dispersiones que tienen los datos entre sí.

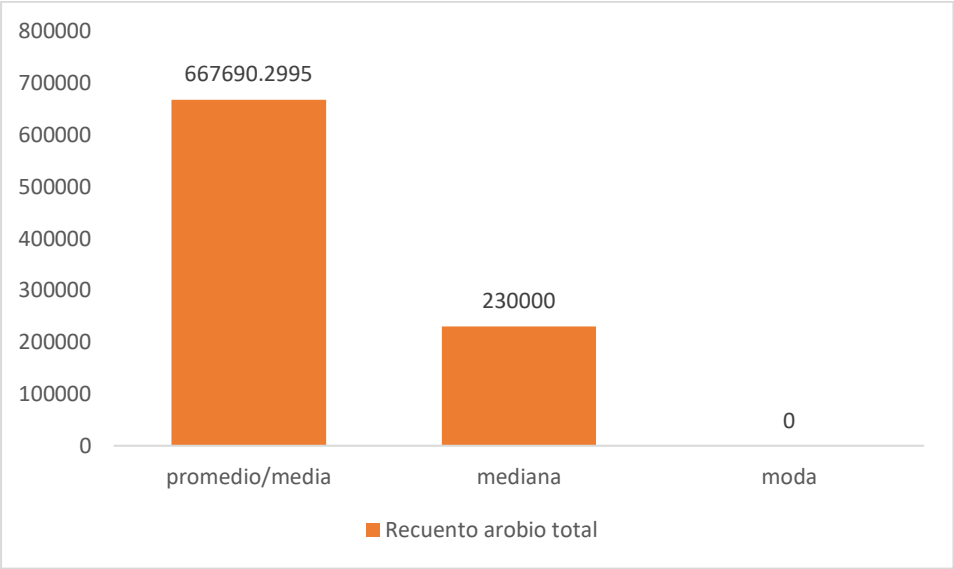



**Figura 21:** media, mediana y moda para los datos del recuento aerobio total, de la región central**.**

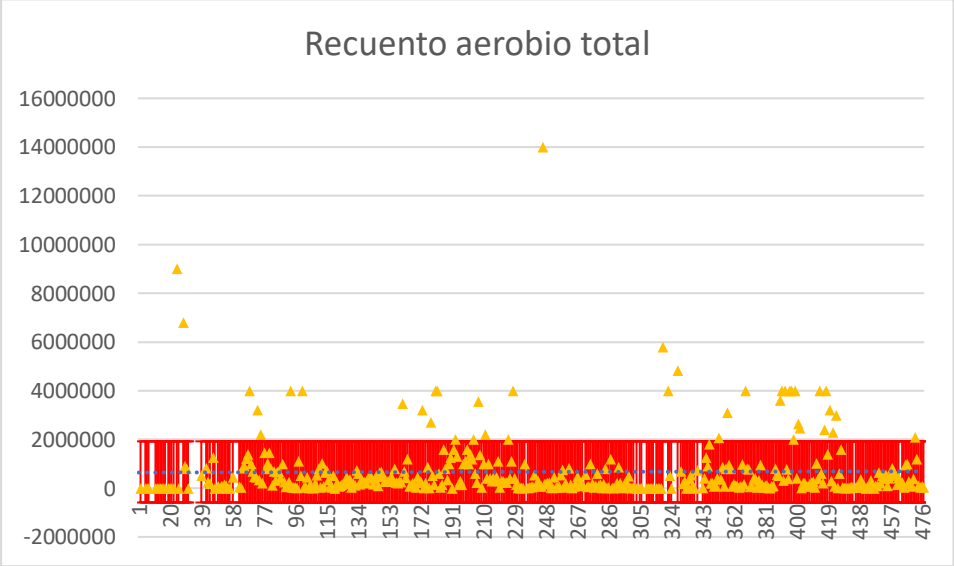



**Figura 22:** dispersión de los datos de Recuento aerobio total analizados. triángulos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos se encuentran alejados al promedio. En esta variable analizada, los datos tienen una variabilidad muy alta en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

***E. coli:*** En promedio se encontró la cantidad de 19.51 UFC/ml, esto se clasifica dentro de la clase B en la NTG 34237. Para que las muestras de leche fueran clasificadas como clase A, tendrían que tener como máximo 10UFC/ml de *E. coli.* El 50% de los datos analizados tienen una cantidad de 0 UFC/ml, lo cual clasifica a estas muestras dentro de la clase A, según la NTG 34037. El número de UFC/ml con más frecuencia encontrado fue 0. La dispersión de los datos analizados fue de 48.33, lo que indica que los datos se encuentran muy lejanos a la media y además una variabilidad del 2.47% es una variabilidad alta con respecto a la media y a las dispersiones de los datos entre sí.

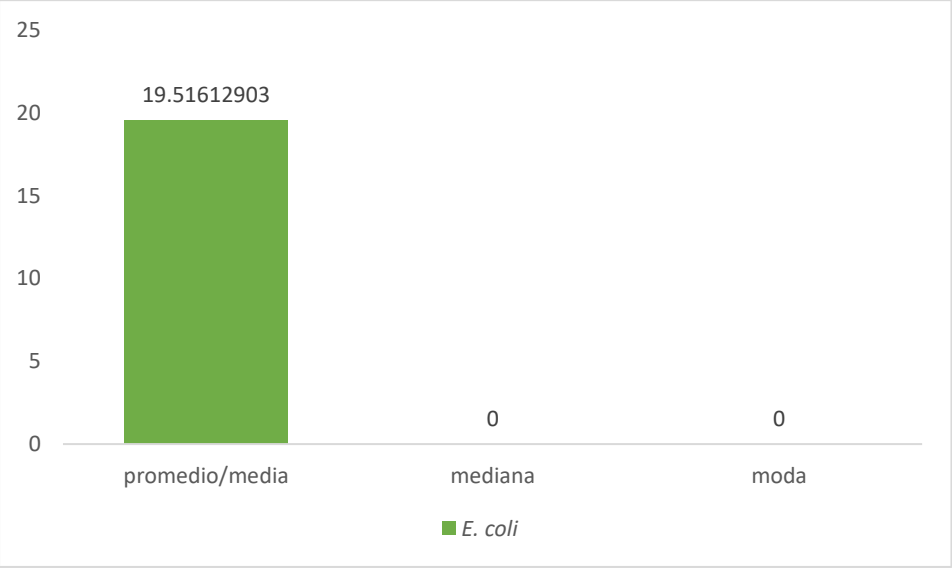



**Figura 23:** media, mediana y moda para los datos de UFC/ml de *E. coli,* de la región central.

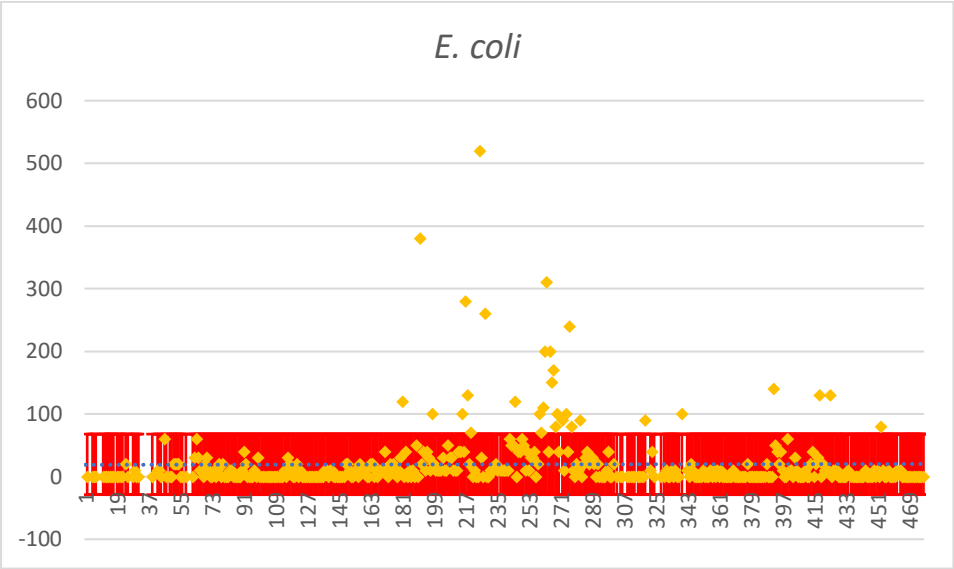



**Figura 24:** dispersión de los datos de UFC/ml de *E. coli* analizados. puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos se encuentran alejados al promedio. En esta variable analizada, los datos tienen una variabilidad muy alta en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

### 5.3 Región Sur oriental

**Tabla 8.** Parámetros analizados de la región suroriental

| | Acidez | Proteína | Grasa | Sólidos totales | Recuento aerobio total UFC/ml | *E. coli* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Media | 0.15 | 3.5 | 3.89 | 13.03 | 1828981.54 | 81.17 |
| Mediana | 0.14 | 3.38 | 3.88 | 12.73 | 531000 | 20 |
| Moda | 0.14 | 3.41 | 3.67 | 12.75 | 4000000 | 0 |
| desviación estándar | 0.25 | 5.39 | 0.41 | 17.40 | 11759534.7 | 353.15 |
| coeficiente de variación | 1.69 | 1.53 | 0.10 | 1.33 | 6.42 | 4.35 |

**Acidez:** En promedio, la acidez fue del 0.15% para la región suroriental, 0.02% más del mínimo establecido para la acidez de la leche cruda en la normativa guatemalteca obligatoria (NGO) 34041, lo que quiere decir que se encuentra dentro de los parámetros. El 50% de los datos analizados de la acidez indican que son menores o iguales a 0.14%, lo que quiere decir que al menos el 50% de las muestras analizadas cumplen con los estándares establecidos en cuanto a acidez, en la NGO 34041. La acidez con más frecuencia de los datos analizados es 0.14%, que también se encuentra dentro de los límites establecidos en la NGO 34041. La dispersión de los datos analizados fue del 0.25% lo que indica que la mayoría de los datos se encuentran cercanos al promedio, pues la desviación estándar es cercana a cero. Los datos de acidez que conforman la muestra, presentan una variabilidad muy alta en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí y con la media.

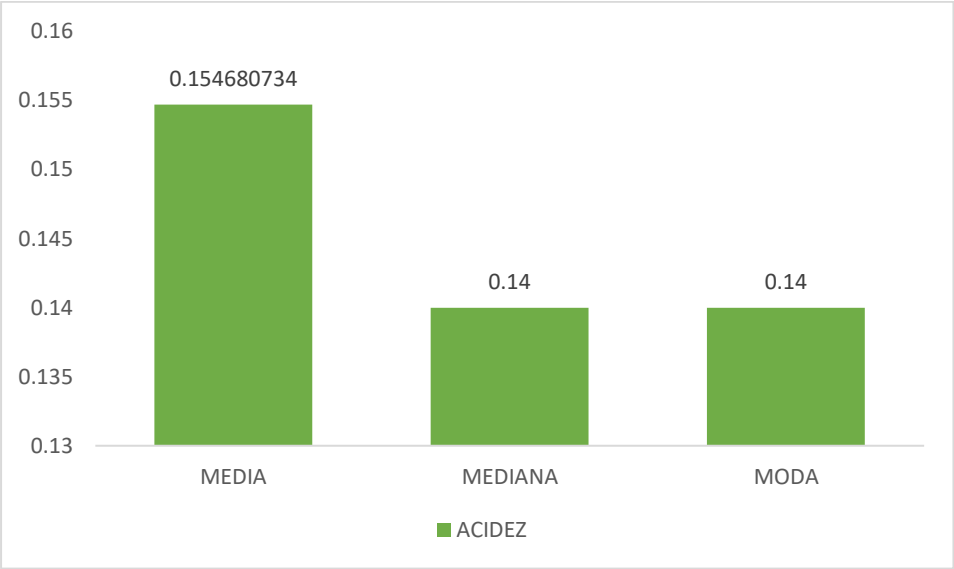



**Figura 25:** Media, mediana y moda para los datos de acidez de la región suroriental.

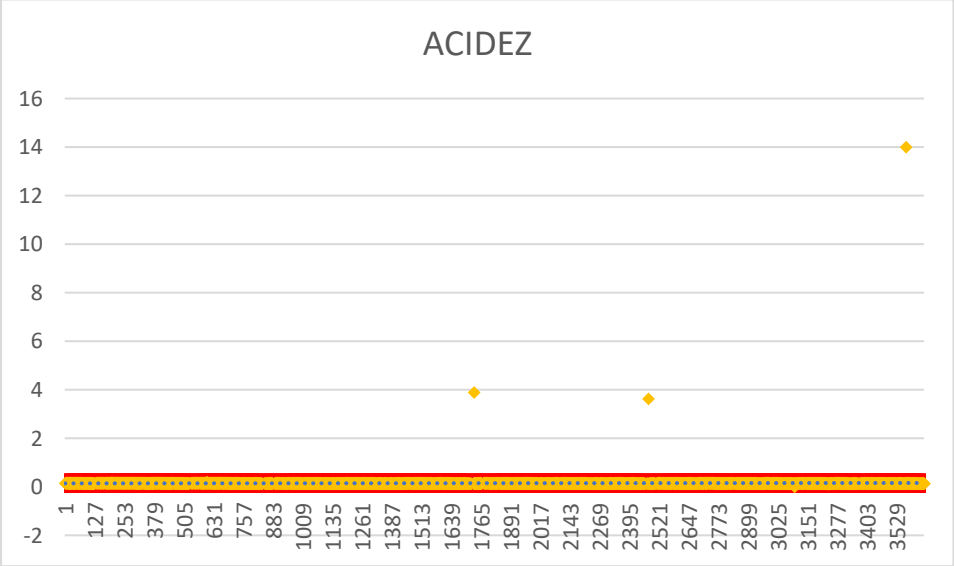



**Figura 26:** Dispersión de los datos de acidez analizados. puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos se encuentran cercanos al promedio. En esta variable analizada, los datos tienen una variabilidad muy alta en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí.

**Proteína:** En promedio, la proteína de los datos analizados en esta área es del 3.5%, lo cual se encuentra 0.3% por encima del mínimo establecido dentro de la NGO 34041. 50% de los datos analizados son mayores o iguales a 3.38% estos datos, cumplen con el mínimo establecido en cuanto a porcentaje de proteína establecido en la NGO 34041. El porcentaje de proteína con más frecuencia encontrado de los datos analizados fue de 3.41% que también se encuentra por encima del mínimo establecido en la NGO 34041. La dispersión de los datos analizados fue del 5.39, lo que indica que los datos se encuentran dispersos con respecto al promedio, pues la desviación estándar es alta. Los datos de proteína que conforman la muestra, presentan una a variabilidad muy alta en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

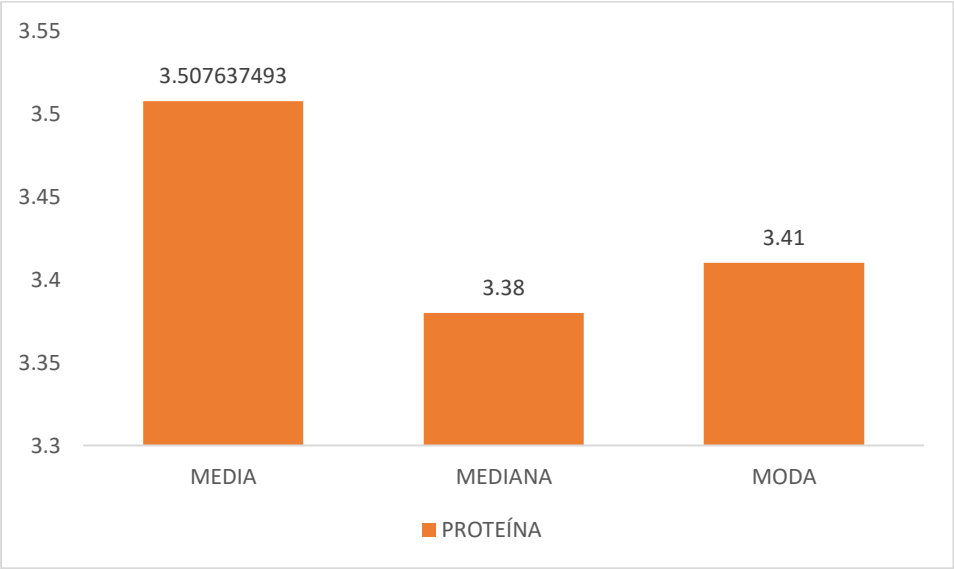



**Figura 27:** Media, mediana y moda para los datos de proteína analizados en la región suroriental.

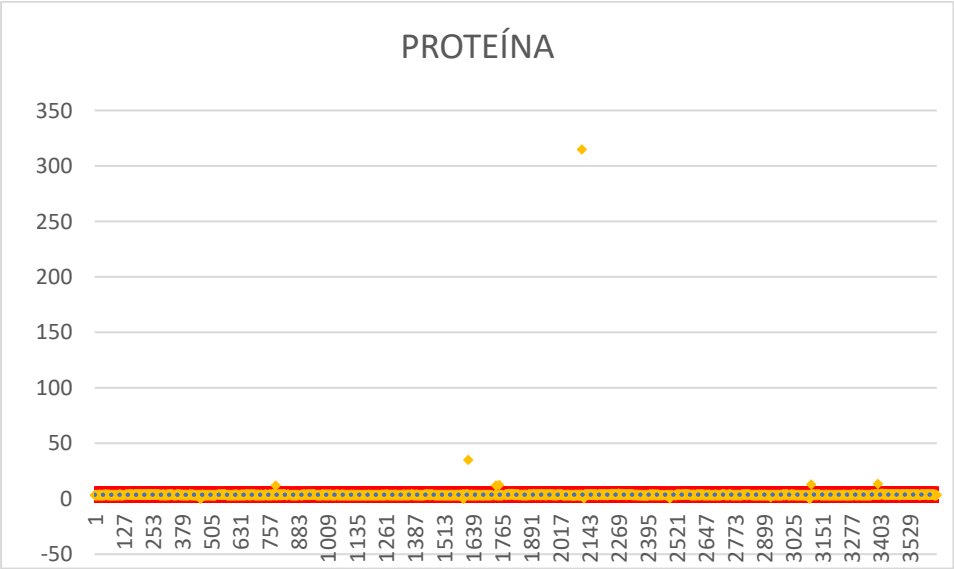



**Figura 28:** Dispersión de los datos de proteína analizados. puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos se encuentran dispersos con respecto al promedio. En esta variable analizada, los datos tienen una variabilidad muy alta en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

**Grasa:** En promedio, el porcentaje de grasa de las muestras analizadas fue del 3.89%, esto es 0.89% más que el mínimo establecido en la NGO 34041. El 50% de los datos analizados indican que son mayores o iguales a 3.88%, lo que quiere decir que 50% de las muestras analizadas se encuentran por encima del mínimo de porcentaje de grasa establecido en la NGO 34041. El porcentaje de grasa encontrado con mayor frecuencia de los datos analizados fue del 3.67%, esto es 0.67% por encima del mínimo establecido en la NGO 34041. La dispersión de los datos analizados fue del 0.41, lo que indica que la mayoría de los datos se encuentran cercanos al promedio. Además, la variabilidad de los porcentajes fue del 0.10, una variabilidad muy baja para las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

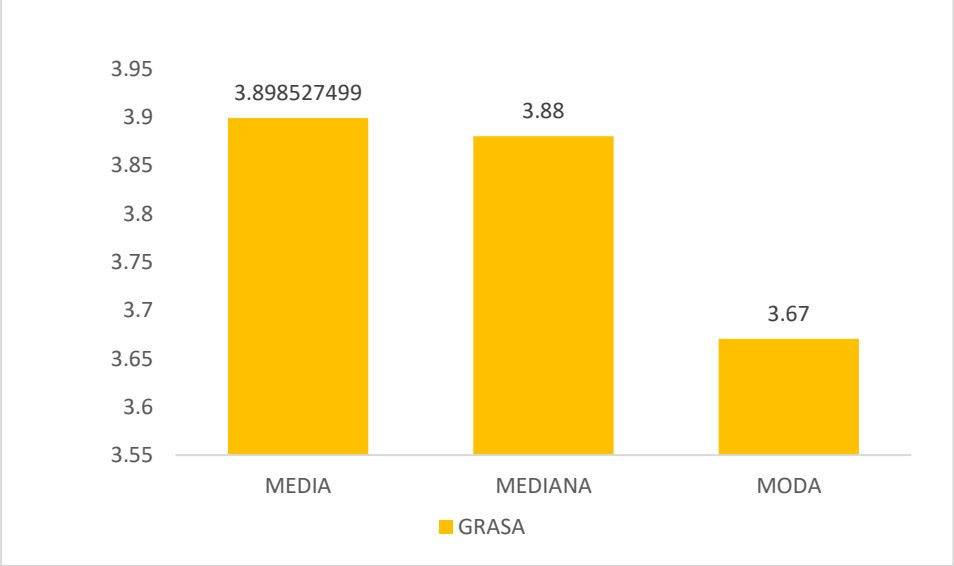



**Figura 29:** media mediana y moda para los datos de la grasa de la región suroriental.

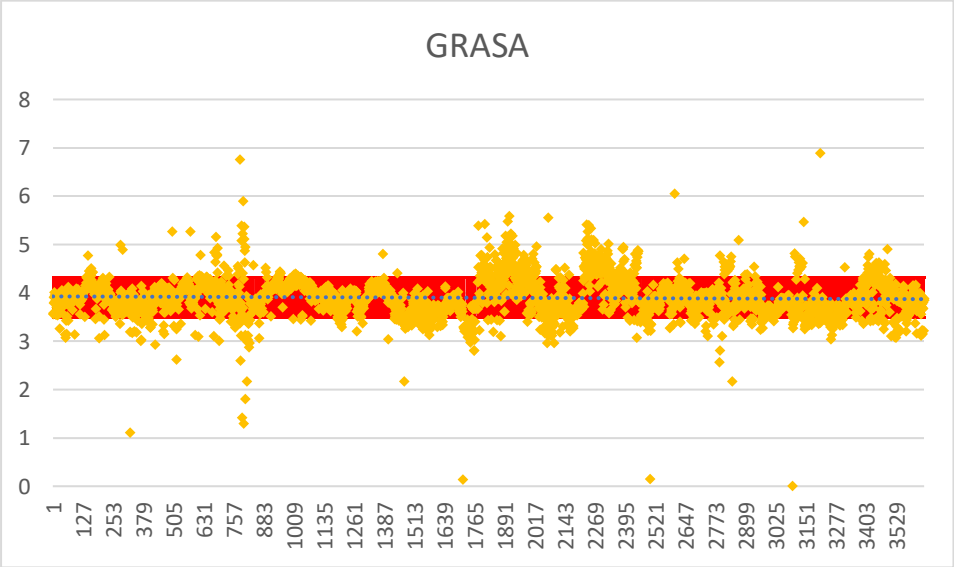



**Figura 30:** Dispersión de los datos de grasa analizados. puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos se encuentran cercanos al promedio. En esta variable analizada, los datos

tienen una variabilidad muy baja en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

**Sólidos totales:** En promedio, los datos analizados presentaron un 13.03% de sólidos totales, esto es un 1.53% más que el mínimo establecido en la NGO 34041. El 50% de los datos son mayores o iguales a 12.73%, es decir, 50% de los datos analizados se encuentran como mínimo un 1.23% por encima del mínimo establecido en la NGO 34041. El porcentaje de sólidos totales encontrado con más frecuencia fue del 12.75%, esto es un 1.25% más del mínimo establecido en la NGO 34041. La dispersión de los datos analizados fue del 17.4 lo que indica que los datos se encuentran muy lejanos con respecto al promedio. Además, la variabilidad del 1.33 es una variabilidad alta, con respecto a la media y las dispersiones que tienen los datos entre sí.

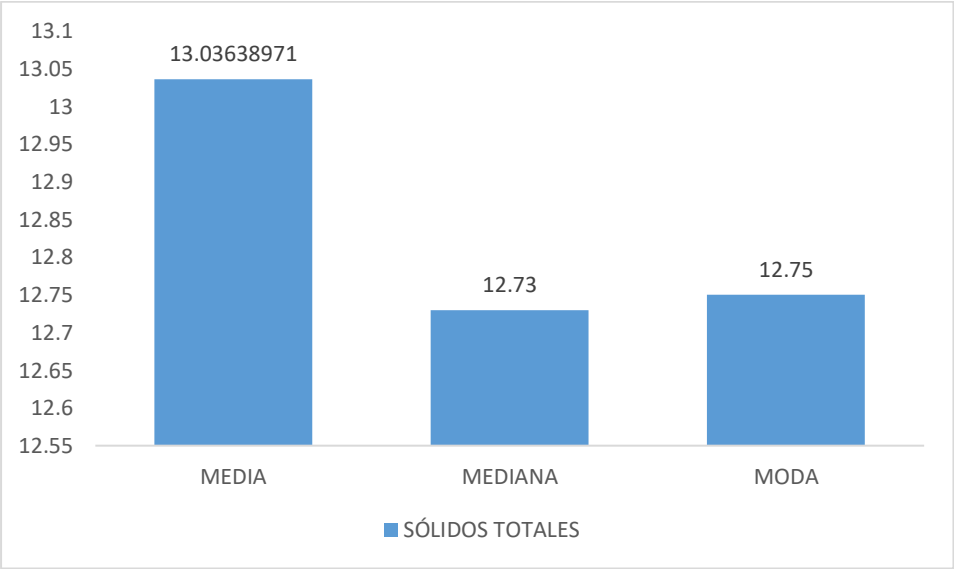



**Figura 31:** Media mediana y moda para los datos de los sólidos totales de la región suroriental.

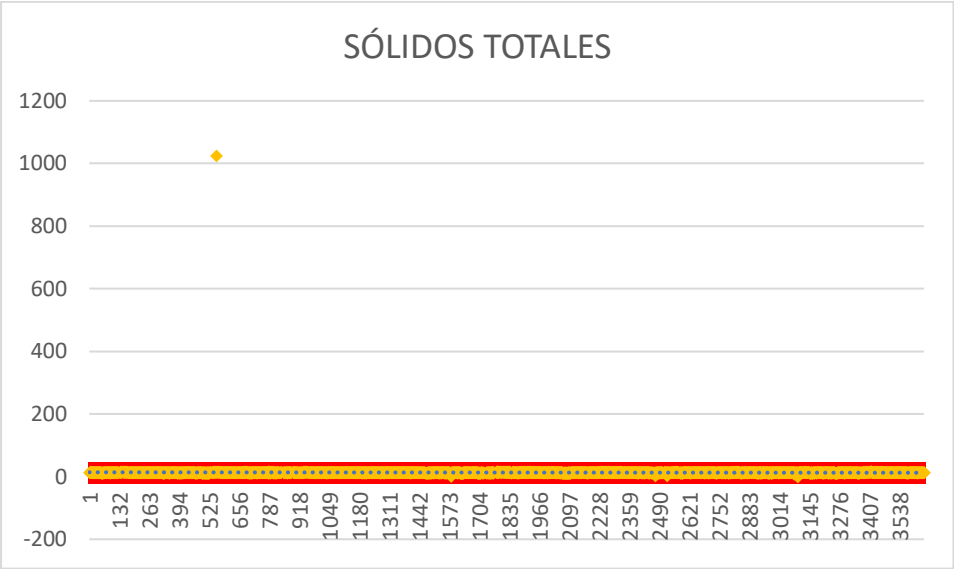



**Figura 32:** Dispersión de los datos de sólidos totales analizados. puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos se encuentran cercanos al promedio en su mayoría. En esta variable analizada, los datos tienen una variabilidad alta en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí.

**Recuento aerobio total:** En el área suroriental, se encontró en promedio una cantidad de, 1828981.53 UFC/ml, esto sobrepasa los parámetros máximos establecidos en la NTG 34237 de la leche clase C. El 50% de las muestras analizadas tenían un número menor o igual a 531000 UFC/ml, lo cual indica que 50% de las muestras se clasifican dentro de la clase C, según la NTG 34237. El número de UFC/ml con más frecuencia encontrado fue de, 4000000 UFC/ml. La dispersión de los datos analizados fue de 11759534.7 lo cual indica que los datos se encuentran altamente lejanos al promedio y además la variabilidad para estos datos fue del 6.42, indicando una variabilidad extremadamente alta respecto a la media y a las dispersiones que tienen los datos entre sí.

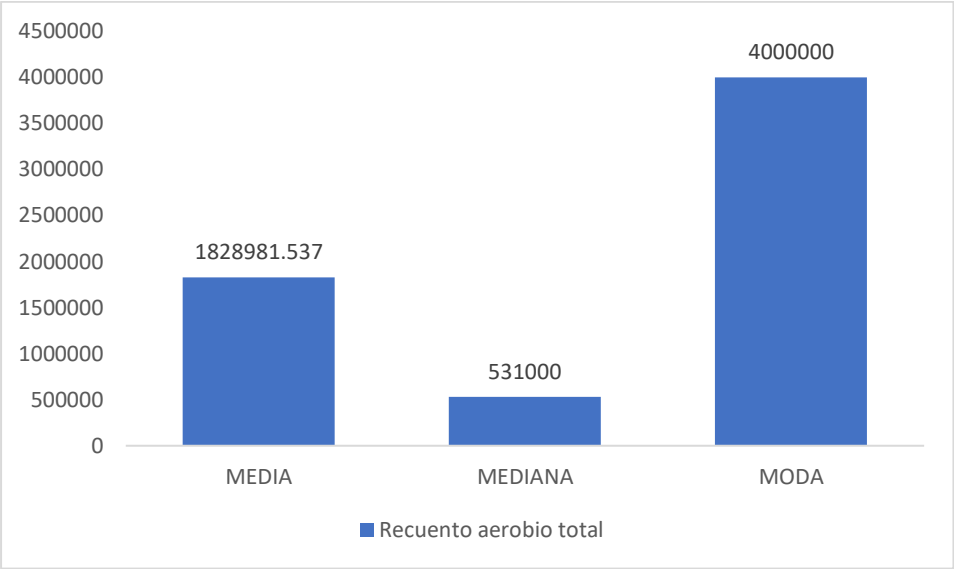



**Figura 33:** Media, mediana y moda para los datos del recuento aerobio total de la región suroriental

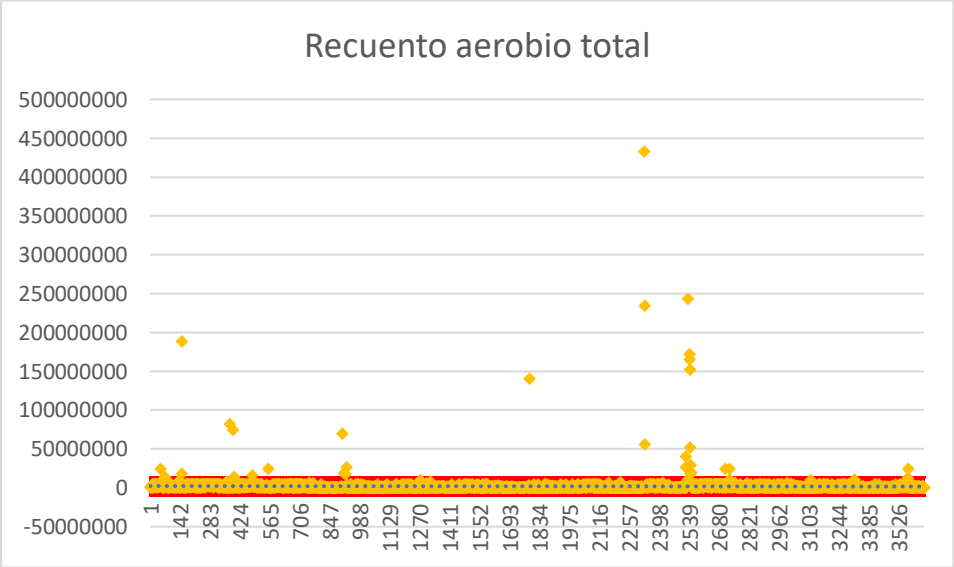



**Figura 34:** Dispersión de los datos del RAT. puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos se encuentran alejados al promedio en su mayoría. En esta variable analizada, los datos

tienen una variabilidad alta en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

***E coli:*** En promedio se encontró la cantidad de 81.17 UFC/ml, esto se clasifica dentro de la clase C en la NTG 34237. Para que las muestras de leche fueran clasificadas como clase A, tendrían que tener como máximo 10UFC/ml de *E. coli.* El 50% de los datos analizados tienen una cantidad de 20 UFC/ml, lo cual clasifica a estas muestras dentro de la clase B, según la NTG 34037. El número de UFC/ml con más frecuencia encontrado fue 0. La dispersión de los datos analizados fue de 353.15, lo que indica que los datos se encuentran muy lejanos a la media y además una variabilidad del 4.35 es una variabilidad alta con respecto a la media y a las dispersiones de los datos entre sí.

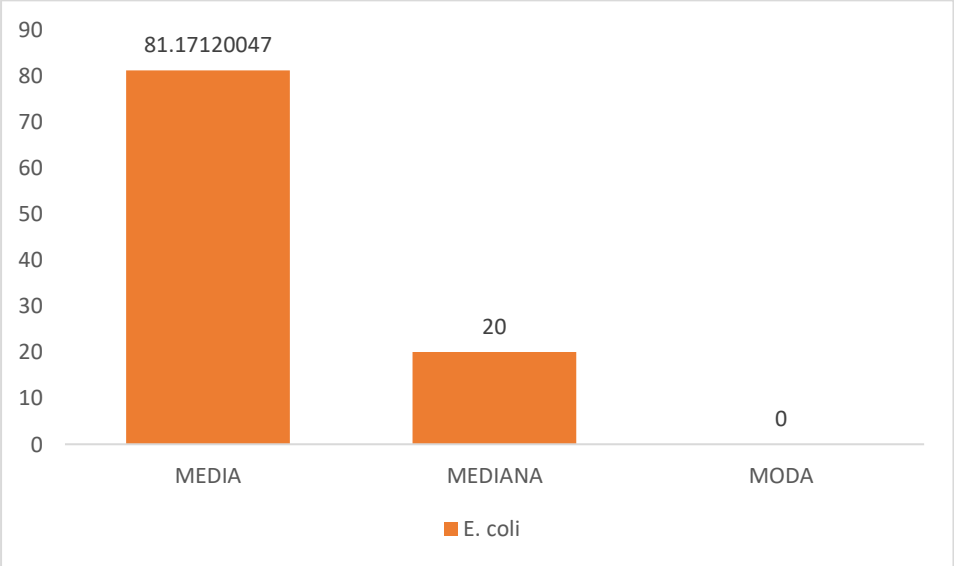



**Figura 35:** Media, mediana y moda de los datos de UFC/ml de *E. coli* en la región suroriental.

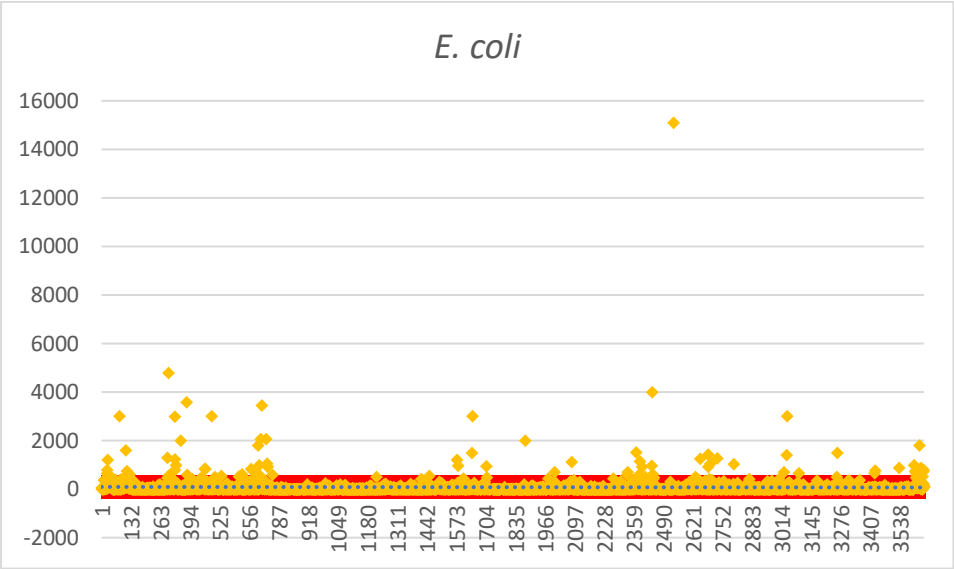



**Figura 36:** Dispersión de los datos de UFC/ml de *E. coli.* puntos amarillos: datos analizados. Líneas rojas: límites máximos y mínimos de la desviación estándar. Línea azul punteada: promedio. Los datos se encuentran alejados al promedio. En esta variable analizada, los datos tienen una variabilidad alta en cuanto a las dispersiones que tienen los datos entre sí y con respecto a la media.

### 5.4 Comparación entre regiones

Según los resultados de la leche cruda analizada por región, se pueden clasificar de la siguiente manera según la NGO 34041 y la NTG 34237:

**Tabla 9.** Comparaciones entre regiones analizadas**.**

| Región | Acidez | Proteína | Grasa | Sólidos | Recuento aerobio total | *E. coli* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Metropolitana | Sobre pasa límite máxima Tipo 1 | Tipo 1 | Tipo 1 | Tipo 1 | Clase b | c |
| Central | Tipo 1 | Tipo 1 | Tipo 1 | Tipo 1 | Clase c | b |
| Suroriental | Tipo 1 | Tipo 1 | Tipo 1 | Tipo 1 | Sobrepasa límites máximos clase c | c |

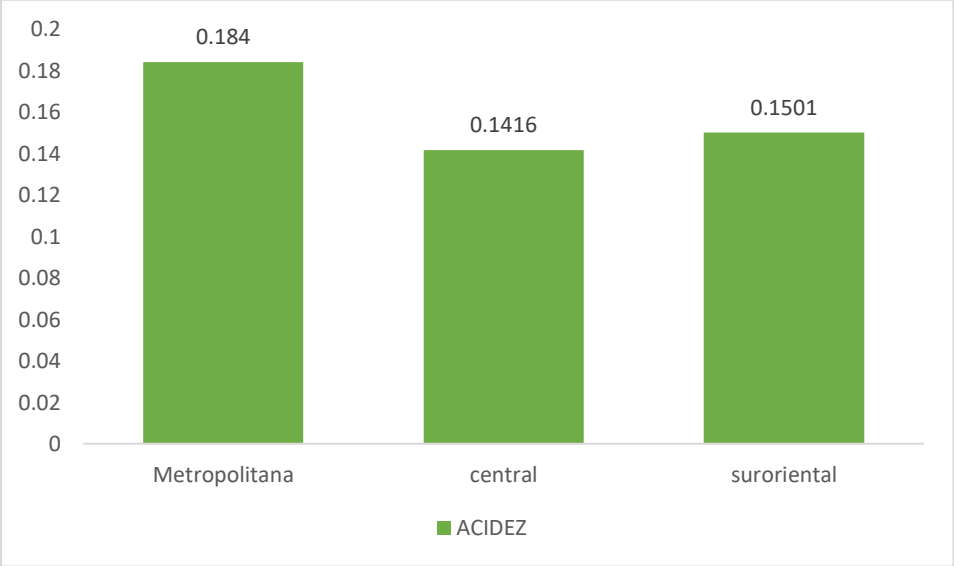



**Figura 37:** promedio de la acidez por región evaluada. La región metropolitana es la región que se encuentra por 0.01% por encima del

límite establecido en la NGO 34041, mientras que la región central y suroriental se encuentran dentro de los parámetros establecidos en esta normativa, clasificándose como leche tipo 1 según su acidez.

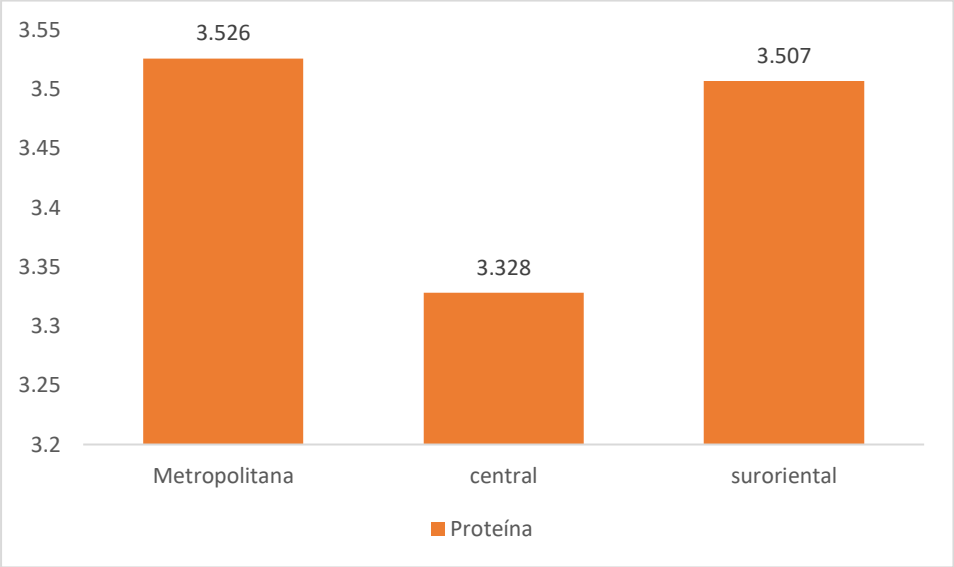



**Figura 38:** Promedio del porcentaje de proteína según cada región evaluada. La región metropolitana es la región con un porcentaje de proteína más alto. Sin embargo, tanto la región central como la sur oriental, en promedio, se clasifican dentro de los parámetros de la NGO 34041 como leche tipo 1 según su porcentaje de proteína.

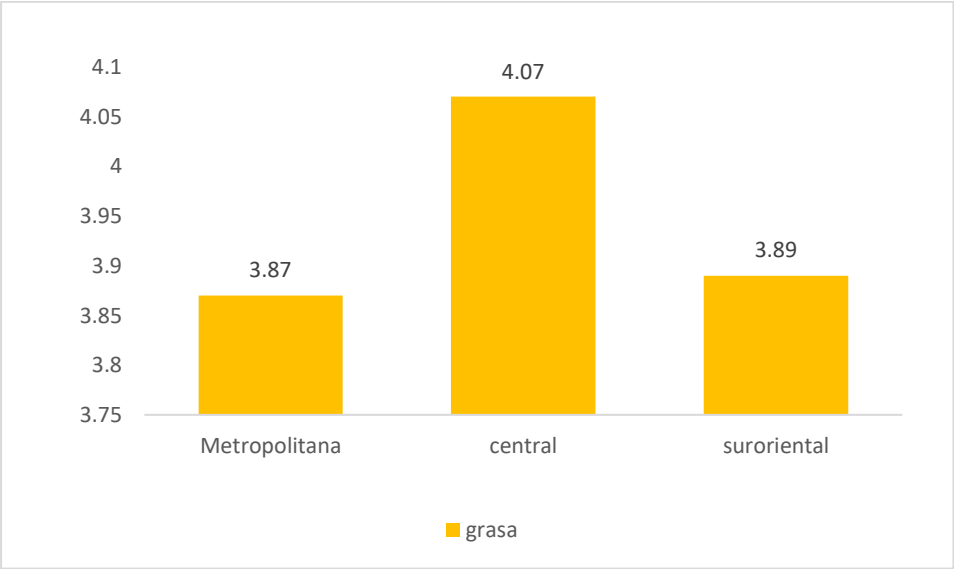



**Figura 39:** Promedio del porcentaje de grasa de cada región. La región central es la región que tiene en promedio más porcentaje de grasa en comparación con la región metropolitana y suroriental. Las tres regiones se clasifican como leche tipo 1 según su porcentaje de grasa, de acuerdo a la NGO 34041.

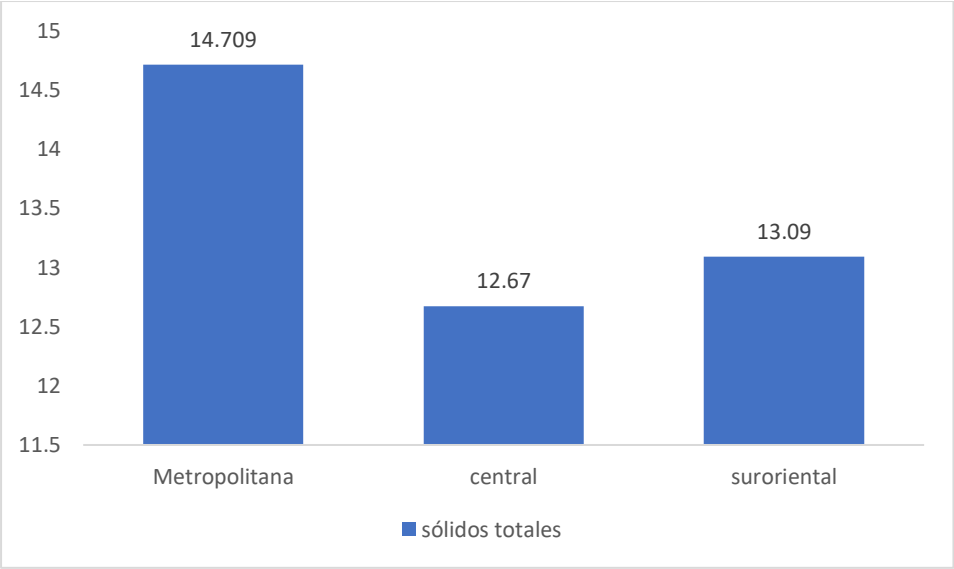



**Figura 40:** promedio de porcentaje de sólidos totales por cada región. La región metropolitana es la región con un mayor porcentaje de sólidos totales en promedio. Todas las regiones se encuentran por encima del

mínimo porcentaje de sólidos totales establecido en la NGO 34041, clasificándose como tipo 1 según su porcentaje de sólidos totales.

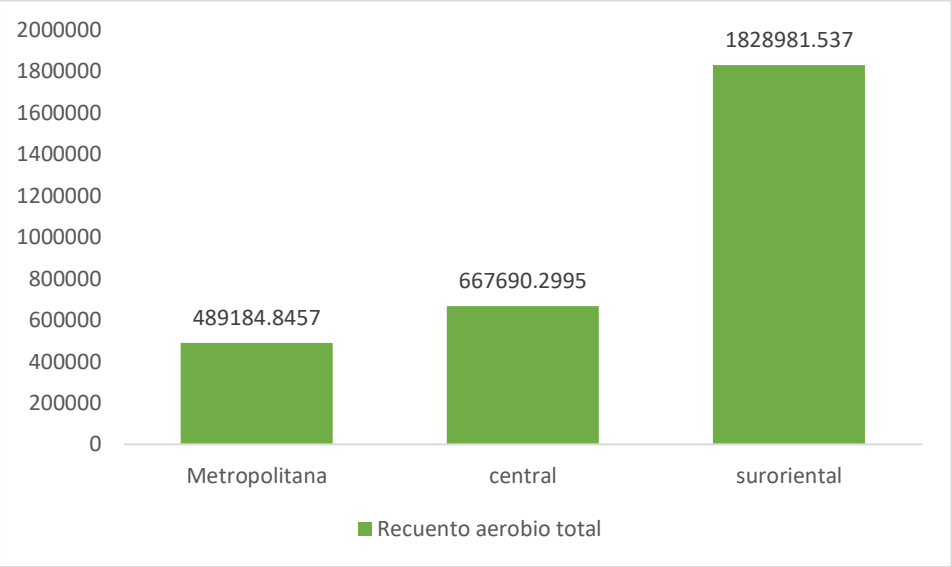



**Figura 41:** Promedio del recuento aerobio total por región. La región metropolitana en promedio es la que cuenta con menos UFC/ml, clasificándose como leche clase B, según la NTG 34237. La región central cuenta en promedio con más UFC/ml, y se clasifica dentro de la clase C según la NTG 34237. La región suroriental es la región que presentó en promedio más UFC/ml, sobrepasando el límite máximo de UFC/ml para la clase C, según la NTG 34237.

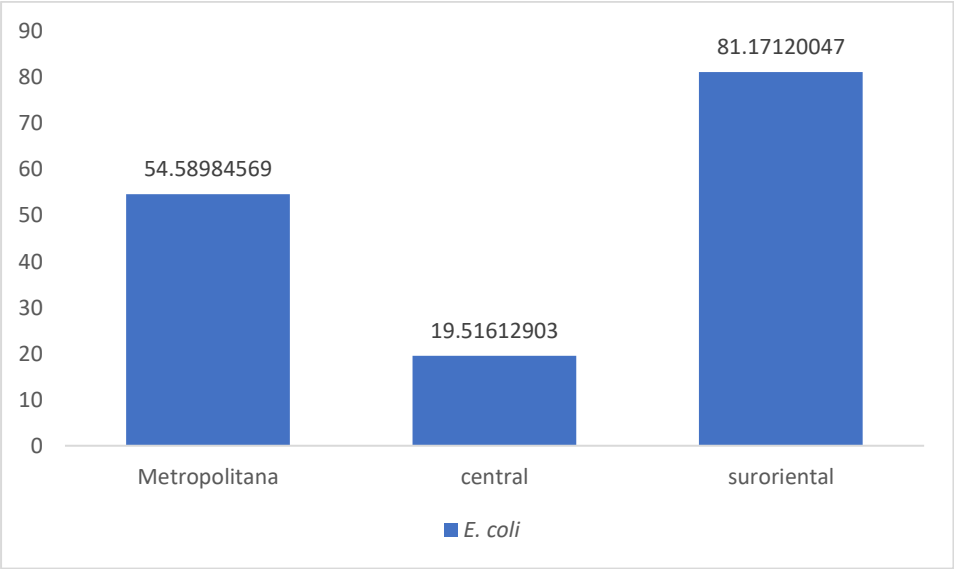



**Figura 42:** Promedio del porcentaje de UFC/ml de *E. coli* según cada región. La región con la menor cantidad de UFC/ml de *E. coli* fue la región central, la cual se clasifica como leche clase C, según la NTG 34237. La región metropolitana se clasifica dentro de la clase B, según la NTG 34237, y región suroriental se encuentra dentro de los límites establecidos dentro de la NTG 34237, clasificándose como clase C.

# VI. CONCLUSIONES

En cuanto a las características fisicoquímicas analizadas en las tres regiones, en promedio, todas las leches se clasifican según la Normativa guatemalteca obligatoria 34041 como leche tipo 1, a excepción de la acidez de las muestras analizadas para la región metropolitana, que sobrepasa los límites establecidos para leche cruda en la NGO 34041.

Según los criterios microbiológicos establecidos en la normativa técnica guatemalteca 34237, de acuerdo al recuento aerobio total, en promedio la leche analizada de la región metropolitana se clasifica como leche tipo B, mientras que la de la región central como clase C y la leche analizada de la región suroriental sobrepasa los límites máximos establecidos para la clase C. Según la NTG 34237 únicamente la clase A es apta para el consumo humano, mientras que la B y C son aptas para la utilización en la industria, por lo que al sobrepasar los límites máximos establecidos para la leche clase C, la leche analizada de la región suroriental en promedio no es apta para el consumo humano ni para su utilización en la industria. Sin embargo, según su cantidad de UFC/ml de *E. coli* ninguna de las leches analizadas es apta para el consumo humano, ya que en la normativa técnica guatemalteca 34237 se establece que la leche tipo B y C únicamente son aptas para su utilización en la industria.

Todas las leches analizadas de las tres diferentes regiones en promedio se clasifican según la NGO 34041 como leche tipo 1 según sus características fisicoquímicas, sin embargo, según sus características microbiológicas, varían entre sí, siendo la región metropolitana y central no aptas para el consumo humano, pero si para su utilización en la industria, mientras que en promedio la leche de la región suroriental no es apta para el consumo humano ni para usarse en la industria, según su RAT de los parámetros establecidos en la NTG 34237.

# VII. RECOMENDACIONES

Realizar estudios en leche cruda donde se evalúen el resto de parámetros no evaluados en el presente estudio, establecidos tanto en la NGO 34041 como en la NTG 34237, especialmente sobre los parámetros microbiológicos como la cantidad de UFC/ml de Coliformes, *S. aureus*, *Salmonella sp.* y *Listeria sp.*

Comparar los parámetros establecidos en la NGO 34041 y NTG 34237 con leyes internacionales como los establecidos en la ISO 16297:2020 – leche: cuantificación bacteriana, para determinar si las leyes guatemaltecas se encuentran estandarizadas al nivel de leyes internacionales.

Realizar estudios sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de otras regiones del país que también tengan una alta producción de leche, para determinar que regiones cumplen mejor con los parametros establecidos en la NGO 34041 y la NTG 34237.

Sugerir a la comisión guatemalteca de normas, una actualización de los parámetros establecidos en la NGO 34041 Y 34237, para que cumplan con estándares internacionales establecidos en leyes como la ISO 16297:2020 y la ISO 9622:2013 y así contribuir al mejoramiento de la calidad de la leche cruda en el país.

# VIII. RESUMEN

El presente estudio se realizó sobre los todos los datos de la leche cruda analizada recopilados durante el año 2021 de las regiones central, metropolitana y suroriental de Guatemala. Los datos recopilados fueron: materia grasa, sólidos totales, acidez y proteína. Los parámetros analizados de las características microbiológicas fueron UFC/ml de *E. coli* y UFC/ml del recuento aerobio total. El presente estudio consistió en analizar, comparar y determinar si los datos recopilados de las diferentes regiones cumplen con los parámetros establecidos en la NGO 34041 y NTG 34237.

El diseño del estudio fue descriptivo, retrospectivo, documental, para poder analizar los datos se utilizó la estadística descriptiva. Los resultados obtenidos fueron comparados con los parámetros establecidos en la NGO 34041 y NTG 34237.

Los resultados que se obtuvieron fueron que las regiones central y suroriental, cumplen en promedio con los parámetros establecidos para las características fisicoquímicas en la NGO 34041 clasificandose como leche tipo 1. La región metropolitana, por otro lado, para la acidez, sobrepasa el límite máximo permitido para la leche cruda en esta normativa. En cuanto al recuento aerobio total en promedio, la leche de la región central, se clasifica como leche clase C, la región metropolitana como clase B y la región suroriental sobrepasa los límites máximos de la clase C según la NTG 34237. Para la cantidad de UFC/ml de *E. coli* la región metropolitana y suroriental se clasifican como clase C mientras que la región central se clasifica como clase B según la NTG 34237.

# SUMMARY

The present study was conducted on all raw milk data collected during the year 2021 from the central, metropolitan and southeastern regions of Guatemala. The data collected were the physicochemical characteristics specifically: fat, total solids, acidity and protein. The parameters analyzed for microbiological characteristics were CFU/ml of E. coli and CFU/ml of total aerobic count. The study consisted of analyzing, comparing and determining whether the data collected from the different regions complied with the parameters established in NGO 34041 and NTG 34237.

The study design was descriptive, retrospective, documentary. In order to analyze the data, descriptive statistics, measures of central tendency were used. The results obtained were compared with the parameters established in NGO 34041 and NTG 34237.

The results obtained were that the central and southeastern regions, on average, comply with the parameters established for the physicochemical characteristics in NGO 34041 and are classified on average as type 1 milk. Conversely, the metropolitan region on average, for acidity, exceeds the maximum limit allowed for raw milk in this standard. As for microbiological analysis, on average, for total aerobic count, the milk from the central region is classified as class C, the milk from the metropolitan region is classified as B and the southeastern region exceeds the maximum limits for total aerobic count established in NTG 34237. However for the CFU/ml of E. coli the milk from the metropolitan region and the southeastern region are classified as C, and the central region as B according to NTG 34237.

# IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


Agudelo, D. A., & Bedoya, O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación,* 2(1), 38-42. https://www.redalyc.org/pdf/695/69520107.pdf

Aguirre, M. (2016) *Determinación del perfil microbiológico de la leche pasteurizada a través de su línea de producción en la planta procesadora Colanta- planeta rica.* [Tesis de licenciatura, Universidad de Córdoba].

Brousett-Minaya, M., Torres, A., Chambi, A., Mamani, B., & Gutiérrez, H. (2015). Calidad fisicoquímica, microbiológica y toxicológica de leche cruda en las cuencas ganaderas de la región Puno-Perú. *Scientia Agropecuaria*, *6*(3), 165-176. http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.03.

Celis, M., & Juárez, D. (2009). *Microbiología de la leche.* [Discurso]. Seminario de procesos fundamentales físico-químicos y microbiológicos. Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina. http://www.edutecne.utn.edu.ar/sem_fi_qui_micrb_09/microbiologia_leche.pdf

COGUANOR (1997). *Norma técnica guatemalteca 34040:97. Leche de vaca sin pasteurizar.* https://cretec.org.gt/wp-content/uploads/2021/03/ngo340401ra.revisionlechedevaca.pdf

COGUANOR (2002). *Normativa Guatemalteca Obligatoria 34041:2002 Leche de vaca, pasteurizada, fresca, ultraalta temperatura (UHT) y esterilizada, homogeneizada. Especificaciones.* https://xdoc.mx/preview/ngo-34-041-leche-de-vaca-5f3848c088132



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA ANIMAL Y ECOSANIDAD
USAC

COGUANOR (2015). *Norma Técnica Guatemalteca 34237. Guía de buenas prácticas aplicables a la leche cruda que se produzca, almacene y transporte, para el consumo humano y como materia prima industrial.*

Fernández, E., Martínez, J. A., Martínez, V., Moreno, J. M., Collado, L. R., Hernández, M., & Morán, F. (2015). Documento de consenso: importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutrición Hospitalaria, 31*(1), 92-101. https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8.8253

González, P. (2018). *Definiciones de leche y queso.* Codex Alimentarius. 1-4. https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=147097&prmTIPO=DOCUMENTOCOMISION

Guerrero, J. & Rodríguez, P. (2010). *Características físico-químicas de la leche y su variación, estudio de caso.* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria de Nicaragua]. https://repositorio.una.edu.ni/1399/1/tnq04g934.pdf

Hernández, J. M. & Bedolla, J. L. C. (2008) Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. *Redvet* Revista *Electrónica Veterinaria. 9*(9), 1-34. https://www.redalyc.org/pdf/636/63617329004.pdf

Hernández, V. (2015). *Determinación de porcentajes de sólidos totales de la leche de vacas Holstein suplementados con papa y ácido acético en la finca el olivo, municipio de Arcabuco Boyaca.* [Tesis de licenciatura, Fundación Universitaria Juan de Castellanos de Colombia]. https://issuu.com/medicinaveterinariajdc/docs/determinaci__n_del_porcentaje_de_s_#:~:text=S%C3%B3lidos%20Totales%3A%20Estos%20se%20definen,leche%20(Guti%C3%A9rrez%2C%202007)

Instituto Nacional de Estadística (2005). *Número de fincas censales, existencia animal, producción pecuaria y características complementarias de la finca*

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA ANIMAL Y ECOSALUD
USAC

*censal y del productor (a) agropecuario.* https://abedregal.files.wordpress.com/2008/10/tomo_iv1.pdf

Jiménez, W. (2005). *Evaluación de la calidad físico-química y microbiológica de la leche bovina de tres principales pequeños productores de Santa Ana Mixtan del parcelamiento Nueva Concepción, Escuintla, Guatemala.* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10_0965.pdf

Martínez, C. (2018). *Prevalencia de Salmonella Spp en Muestras de Leche Cruda de Empresas Ganaderas Doble Propósito del Departamento de Córdoba-Colombia* [Tesis de grado, Universidad de Cordoba]. https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/998#:~:text=La%20presencia%20de%20Salmonella%20spp%20en%20leche%20cruda%20puede%20convertirse,la%20leche%20por%20Salmonella%20spp

Mellenberger, R. & Kirk, J. (2016). *Vacas lecheras infectadas con Staphilococcus aureus.* https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/infecciosas/bovinos_leche/123-Staphilococus_aureus.pdf

Ministerio de Economía (2019). *Guatemala conmemora el día mundial de la leche.* https://www.mineco.gob.gt/guatemala-conmemora-d%C3%ADa-mundial-de-la-leche#:~:text=Actualmente%20en%20el%20pa%C3%ADs%20se,y%20cabra%20en%20el%20pa%C3%ADs

Novoa, C.F. & Restrepo, L. P. (2007). Influencia de las bacterias psicrótrofas en la actividad proteolítica de la leche. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.* *54*(1), 9-16 https://www.redalyc.org/pdf/4076/407642324004.pdf

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA ANIMAL Y ECOSALUD
USAC

Ochoa, M. (2019). *Detección de Salmonella sp. y Escherichia coli en huevos de gallina criolla., procedentes de ventas del mercado municipal de antigua Guatemala en el año 2018.* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://www.repositorio.usac.edu.gt/12807/1/Tesis%20Med.%20Vet.%20Madjorie%20Elizabeth%20Ochoa%20Ruano.pdf

Ordóñez, J.A. (1999). *Tecnología de los alimentos, Vol. I: componentes de los alimentos y procesos.* Editorial síntesis.

Organización Mundial de la Salud (2018). *E. coli.* https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli

Sánchez, E. (1998). *Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de la leche fresca producida en el parcelamiento Cuyuta, municipio de Masagua, Departamento de Escuintla.* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10_0767.pdf

Sandoval, H. (2007). *Evaluación de las características bacteriológicas, físico-químicas y organolépticas de la leche de dos distribuidores que abastecen al programa un vaso de leche escolar en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala.* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. https://core.ac.uk/download/pdf/84773795.pdf

Schöbitz, R., Marín, M., Horzella, M. & Carrasco, E. (2001). Presencia de *Listeria monocytogenes* en leche cruda y quesos frescos artesanales. *Revista Agro Sur* *29*(2), 114-119. http://revistas.uach.cl/html/agrosur/v29n2/body/art04.htm

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA ANIMAL Y ECOSALUD
USAC

The Food and Ariculture Oganization (2022). *Calidad y evaluación de la leche.* https://www.fao.org/dairy-production-products/products/calidad-y-evaluacion/es/#:~:text=La%20leche%20cruda%20de%20buena,una%20composici%C3%B3n%20y%20acidez%20normales

U.S. Food and Drug Administration (2022). *Listeria (listeriosis).* https://www.fda.gov/food/foodborne-pathogens/listeria-listeriosis#:~:text=Listeria%20monocytogenes%20(L.,and%20other%20food%20preservation%20measures

Velásquez, B. (2008) *Determinación de Salmonella spp en queso fresco y de capas producido artesanalmente y distribuido en el mercado de la terminal zona 4.* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QB893.pdf

Villatoro, O. (2019). *Diagnóstico de la calidad higiénica y parámetros físico-químicos de la leche de vaca en los expendios de la cabecera departamental de Retalhuleu.* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://www.repositorio.usac.edu.gt/11870/1/Tesis%20Lic%20Zoot%20Final%20OmarAbril.pdf

Wong-González, E. (2008). Robustez del recuento total aerobio al modificar la etapa de diluciones decimales. *Agronomía mesoamericana 19*(2), 267-270 http://www.mag.go.cr/rev_meso/v19n02_267.pdf

Neogen (2023). *3M® Petrifilm™ Placas Rápidas para recuento de Aerobios.* https://www.3m.com.gt/3M/es_GT/p/d/v000207902/#:~:text=Las%20placas%20R%C3%A1pidas%20de%20Recuento,para%20la%20mayor%C3%ADa%20de%20las

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA ANIMAL Y ECOSALUD

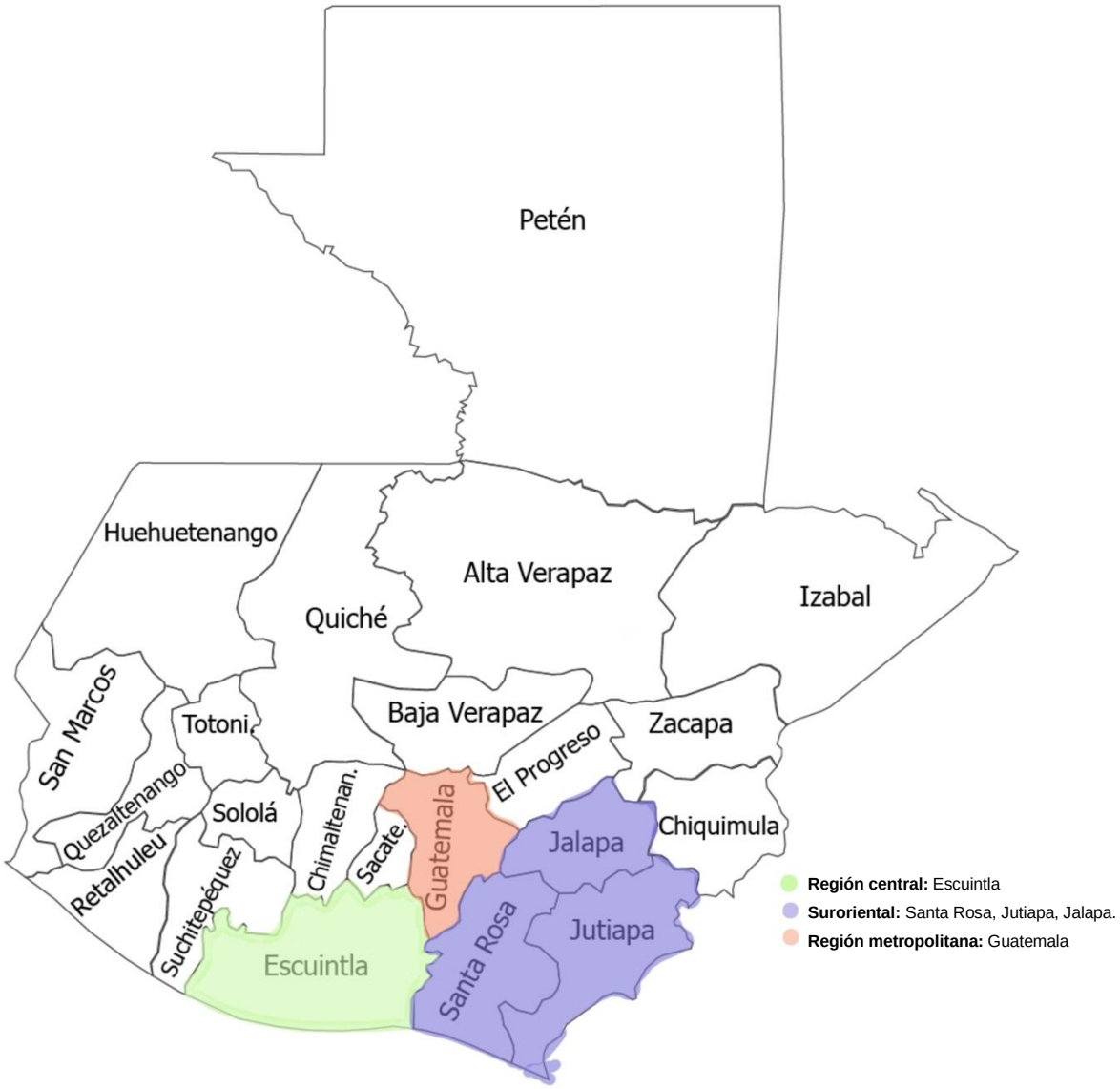
3M (2017). *3M™ Placas Petrifilm™ para el Recuento de Aerobios AC.* https://multimedia.3m.com/mws/media/1409674O/guia-interpretacion-petrifilm-aerobios.pdf

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA ANIMAL Y ECOSALUD
UASLP

# X. ANEXOS

**Anexo 1**

Mapa de Guatemala con las regiones a evaluar dentro del estudio



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

**"ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA LECHE DE VACA ACOPIADA DE LAS REGIONES SURORIENTAL, METROPOLITANA Y CENTRAL DE GUATEMALA DURANTE EL AÑO 2021"**

F_____
Madeleine Stormont Deleon
201502884

F_____
Lic. Laramy Cheyenne Perez García
ASESORA

F_____
M.V. Sergio Fernando Véliz Lemus
ASESOR

F_____
M.A. María Andrea Muñoz Lorenzana
EVALUADORA

IMPRÍMASE

F_____
M.A. Rodolfo Chang Shum
DECANO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DECANO
USAC
GUATEMALA, C.A.