

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
ZOOTECNIA

DETERMINACIÓN DE AFLATOXINAS M1 EN LECHE FLUIDA DE VACA,
EN LOS MUNICIPIOS DE CONCEPCIÓN LAS MINAS, ESQUIPULAS Y
CHIQUMULA DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUMULA

JHONATÁN OMAR SAMAYOA SALAZAR

CHIQUMULA, GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
ZOOTECNIA

DETERMINACIÓN DE AFLATOXINAS M1 EN LECHE FLUIDA DE VACA,
EN LOS MUNICIPIOS DE CONCEPCIÓN LAS MINAS, ESQUIPULAS Y
CHIQUMULA DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUMULA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

JHONATÁN OMAR SAMAYOA SALAZAR

Al conferírsele el título de

ZOOTECNISTA

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUMULA, GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2021

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
ZOOTECNIA**



**RECTOR EN FUNCIONES
M.A. PABLO ERNESTO OLIVA SOTO**

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Representante de Profesores:	M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Representante de Profesores:	M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén
Representante de Graduados:	Ing. Agr. Henry Estuardo Velásquez Guzmán
Representante de Estudiantes:	A.T. Zoila Lucrecia Argueta Ramos
Representante de Estudiantes:	Br. Juan Carlos Lemus López
Secretaria:	M.Sc. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M.A. Edwin Rolando Rivera Roque
Coordinador de Carrera:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Secretario:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Vocal:	Lic. Zoot. Luis Eliseo Vásquez Chegüén

TERNA EVALUADORA

M.V. Mayra Lissette Motta Padilla
M.V. Hedlly Vanessa Centeno Aldana
Lic. Zoot. Luis Fernando Cordón Cordón

Chiquimula 1 de septiembre 2021

Señores

Miembros Consejo Directivo

Centro universitario de Oriente

Universidad de San Carlos de Guatemala

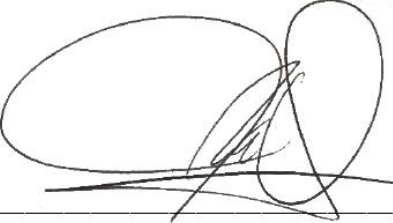
Respetables señores:

En cumplimiento de lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Centro Universitario de Oriente, presento a consideración de ustedes, el trabajo de graduación titulado:

“Determinación de aflatoxinas M1 en leche fluida de vaca, en los municipios de Concepción Las Minas, Esquipulas y Chiquimula del departamento de Chiquimula”

Como requisito previo a optar al título profesional de Zootecnista, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,



Jhonatán Omar Samayoa Salazar



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Oriente
CARRERA ZOOTECNIA



Ref. RJJ-003-2020
Chiquimula, noviembre de 2020

Señor Director
Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordon
Centro Universitario de Oriente
Universidad de San Carlos de Guatemala


Señor Director:

En atención a la designación efectuada por la Comisión de Trabajos de Graduación, para asesorar a la estudiante **Jhonatan Omar Samayoa Salazar**, registro académico 201243283, en el trabajo de graduación denominado **“Determinación de aflatoxinas m1 en leche fluida de vaca, en los municipios de Concepción Las Minas, Esquipulas y Chiquimula del departamento de Chiquimula”**, tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a revisar y orientar a la sustentante sobre el contenido de dicho trabajo.

En ese sentido, la investigación aporta la situación actual del metabolito tóxico aflatoxina M1 en la leche fluida de las vacas lecheras del departamento de Chiquimula y es preocupante que dichos niveles están sobre el límite máximo permisible por lo que se recomienda realizar programas de concientización y capacitación sobre el control de Aflatoxinas en productos pecuarios junto con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación para la reducción de la presencia de aflatoxinas.

Por las razones anteriormente expuestas, en mi opinión la presente investigación reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual recomiendo su aprobación para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Zootecnista en el grado académico de Licenciado.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


M.Sc. Raúl Jáuregui Jiménez
Profesor Titular
Asesor Principal del Trabajo de Graduación
Carrera Zootecnia -CUNORI-





D-TG-Z-069/2021

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el documento de la investigación que efectuó el estudiante **JHONATÁN OMAR SAMAYOA SALAZAR** titulado “**DETERMINACIÓN DE AFLATOXINAS M1 EN LECHE FLUIDA DE VACA, EN LOS MUNICIPIOS DE CONCEPCIÓN LAS MINAS, ESQUIPULAS Y CHIQUIMULA DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**”, trabajo que cuenta con la aprobación de la Comisión de Trabajos de graduación de la carrera de Zootecnia. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como Trabajo de Graduación, a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **LICENCIADO ZOOTECNISTA**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a veintisiete de mayo del dos mil veintiuno.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón

DIRECTOR
CUNORI – USAC



c.c. Archivo

EFCC/ars

ACTO QUE DEDICO

A DIOS: Todopoderoso.

A mis padres: Jorge Arturo Samayoa Rosales y María del Carmen Salazar Hernández

A mis hermanos: Gerson Arturo, Jorge Mario y Rebeca Eunice.

A mis tíos: En especial a María Victoria Salazar Pérez.

A mis amigos en general

A mis compañeros de estudio en general.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la sabiduría, la fuerza, la salud y la perseverancia durante todo el proceso de formación profesional.

A mis padres, por su apoyo incondicional, su amor sin medida y su esfuerzo por ayudarme a salir adelante en mi vida profesional.

A mis hermanos, por su apoyo en todo momento y darme ánimo para seguir adelante.

A mis asesores, M.Sc. Raúl Jáuregui Jiménez y Lic. Zoot. Luis Eliseo Vásquez Chegüén.

A mis docentes de la carrera de Zootecnia, por compartir sus conocimientos e influir en mi formación profesional y personal.

A los miembros de la terna evaluadora, M.V. Mayra Lisette Motta Padilla, M.V. Hedlly Vanessa Centeno Aldana y Lic. Zoot. Luis Fernando Cordón Cordón.

A la UNIVESIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE, por abrirme sus puertas y permitirme alcanzar este título.

A mis amigos, por acompañarme en todo el proceso de formación, animándome a seguir adelante.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
I. RESUMEN	6
II. INTRODUCCIÓN	7
III. JUSTIFICACIÓN	8
IV. OBJETIVOS	10
4.1 General	10
4.2 Específicos	10
V. HIPÓTESIS	11
VI. MARCO TEÓRICO	12
6.1 Micotoxinas	12
6.1.1 Aflatoxinas	12
a. Estructura	13
b. Aflatoxina M1	14
6.1.2 La micotoxicosis	15
6.1.3 Dosis nocivas	17
6.2 Condiciones para la producción de Aflatoxinas	18
6.3 Metabolismo	18
6.4 Principales hongos productores de micotoxinas	21
6.5 Marco legal para el control de las micotoxinas	23
6.6 Marco referencial	24
VII. MARCO METODOLÓGICO	20
7.1 Enfoque y tipo de investigación	20
7.2 Recolección de la información	20
7.3 Procesamiento y análisis de la información	22
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
8.1 Determinación de la relación de la presencia de Aflatoxina M1 en la leche fluida de vaca con respecto a la ubicación geográfica de la finca productora	25

8.2 Determinación de las características de producción, manejo, alimentación y comercialización de la leche de las fincas productoras en los municipios en estudio del departamento de Chiquimula	25
IX. CONCLUSIONES	37
X. RECOMENDACIONES	38
XI. REFERENCIAS	39
XII. APÉNDICES	45

ÍNDICE DE CUADROS

En el contenido

Cuadro		Página
1	Manifestaciones clínicas y patológicas por afección de Aflatoxinas en bovinos	16
2	Toxicidad de Aflatoxinas de acuerdo a su dosis letal	17
3	Principales géneros productores de micotoxinas	22

ÍNDICE DE TABLAS

En el contenido

Tabla		Página
1	Resultados de las fincas muestreadas para la presencia o ausencia de AFM1 en los tres municipios en estudio	23
2	Resultados Pearson para la relación de presencia de aflatoxina M1 en el municipio con respecto a la ubicación geográfica	25
3	Frecuencias de aspectos productivos de la finca como la cantidad de leche producida por finca, el promedio de producción de leche/vaca/día, la elaboración de productos y comercialización de los productos elaborados	26
4	Análisis estadístico sobre litros de leche por día por finca y de litros de leche por vaca por día de las fincas en los municipios en estudio	27
5	Frecuencias vacas en ordeño por finca en los municipios en estudio	28
6	Resultado frecuencias del tipo de ordeño en la finca de los municipios en estudio	28
7	Frecuencias de los sistemas de pastoreo en las fincas de los municipios en estudio	29
8	Frecuencias de las características del manejo y alimentación en las fincas de los municipios en estudio	30

9	Frecuencia sobre el suministro de alimentación en las fincas de los municipios en estudio	31
10	Resultados de las frecuencias del material de ensilaje en la finca de los municipios en estudio.	32
11	Frecuencia de las anomalías en los ensilajes como malos olores, pudrición, exudados en la finca de los municipios en estudio	33
12	Elaboración de productos de leche y su comercialización en las fincas de los municipios en estudio	35
13	Precio promedio de la leche en acopio y venta al público en los tres municipios en estudio	36

En apéndices

Tabla		Página
A1	Prueba de Wilcoxon sobre variable presencia de AFM1 PPT	53
A2	Resultados frecuencias ordeños por día en las fincas de los municipios en estudio	53

ÍNDICE DE FIGURAS

En el contenido

Figura		Página
1	Estructura química de las aflatoxinas	13
2	Metabolización de aflatoxina B1	14
3	Comportamiento de AFM1, en un periodo de 96 horas	20
4	Comportamiento de AFM1, con un periodo de aclaramiento	21

En apéndices

Figura	Página
A1 Encuesta para la determinación de las características de inclusión	45
A2 Municipios muestreados del departamento de Chiquimula	51
A3 Lugar de muestreo del municipio de Chiquimula	51
A4 Lugar de muestreo del municipio de Concepción Las Minas	52
A5 Lugar de muestreo del municipio de Esquipulas	52

I. RESUMEN

Las Aflatoxinas son encontradas principalmente en los frutos secos, cereales y el arroz, considerando que se deben tener condiciones de humedad mayor del 15% y temperatura entre los 20° C a 25° C. Uno de los géneros de mayor importancia por su producción son los *Aspergillus*. Existen micotoxinas del tipo B y G, las cuales se metabolizan en el animal y luego son excretadas como aflatoxina M1 y M2 en la leche.

Su importancia reside en que dichas sustancias al ser consumidas por el ser humano tienen efectos acumulativos tóxicos, además de carcinogénicos, teratogénicos, mutagénicos e inmunosupresores tanto en humanos como en animales.

Este estudio tuvo como objetivo determinar la ausencia o presencia de aflatoxina M1 en leche fluida de vaca, en los municipios de Chiquimula, Concepción Las Minas y Esquipulas, del departamento de Chiquimula durante la época de invierno en términos de partes por trillón (PPT), concentración que fue determinada a través del método ELISA directa para luego ser confrontado con el límite máximo permisible (LMP) establecido en el Codex Alimentarius de 50 PPT. Se tomó una muestra no probabilística por juicio que fueron 34 fincas distribuidas en los tres municipios a través de un muestreo aleatorio estratificado con afijación proporcional (7 en Chiquimula, 13 en Esquipulas y 14 en Concepción Las Minas), con tres muestras de leche por finca en distintos tiempos para un total de 102 muestras. Además, se realizó el análisis de acuerdo con la ubicación geográfica de las fincas si existe relación entre cada uno de los municipios y la presencia de aflatoxinas. Se utilizó una boleta y a través de una entrevista se solicitó la información a cada uno de los dueños de las fincas.

En los resultados obtenidos, con un 99.99% de índice de confianza, se determinó que en un 67.65% de las fincas existe presencia de aflatoxina M1, por encima del límite máximo permisible de 50ppt de acuerdo con el Codex Alimentarius para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. La relación de la presencia de AFM1 con respecto a la ubicación geográfica de las fincas indica una mayor relación de dependencia que existe entre las variables ambientales del lugar o bien de las características propias de las fincas en cuanto al manejo de los alimentos ofrecidos y dentro de las anomalías en los ensilados la presencia de mohos.

II. INTRODUCCIÓN

Las Aflatoxinas son metabolitos procedentes de un proceso oxidativo de las micotoxinas, estas a su vez son producidas por hongos que se encuentran especialmente en el suelo, principalmente del género *Aspergillus*, estos hongos contaminan el cultivo y luego los granos; teniendo las características ambientales propicias con el pasar del tiempo, el hongo termina su fase de crecimiento y es allí donde inicia la producción de las micotoxinas, aunque no se sabe exactamente la función de estas, se cree que ayuda en la expansión del hongo, ya que debilita a los organismos a sus alrededores.

Las Aflatoxinas son consideradas por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, como una sustancia cancerígena, con efectos en la salud animal y humana; entre los síntomas clínicos que se pueden encontrar están: anorexia, baja ganancia de peso, baja tasa de crecimiento, diarreas hemorrágicas, baja producción de leche, ataxia, disnea, entre otros.

La importancia del estudio de estas Aflatoxinas en animales es debido a que éstas, luego de metabolizar las micotoxinas y transformarla en aflatoxina, aproximadamente el 80% son excretadas, principalmente en la leche de los mamíferos. Algunos estudios han determinado que solo se necesitan 6 horas para que el animal, luego de ingerir la toxina, la comience a excretar por la leche, y este mismo animal tarda aproximadamente 168 horas para terminar de excretar cualquier cantidad de aflatoxina que haya consumido.

En Guatemala se han realizado algunas investigaciones en donde se busca determinar la presencia o ausencia de las aflatoxinas en productos de consumo humano, en algunos de los casos la presencia de las Aflatoxinas sobrepasa los límites permisibles que son 50 partes por trillón (ppt), debido a estos casos la investigación sobre este tema es de importancia en la salud pública, por lo que en esta investigación se buscó determinar la presencia o ausencia de Aflatoxinas en los 3 municipios de importancia de producción lechera, Concepción las Minas, Esquipulas y Chiquimula, del departamento de Chiquimula.

III. JUSTIFICACIÓN

Las Aflatoxinas son producidas principalmente por los géneros *Aspergillus flavus* y especies estrechamente relacionadas con *A. parasiticus*, consideradas por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC), como una sustancia cancerígena para la salud animal y humana (IARC, 2012). Estas Aflatoxinas son una sustancia de la cual ninguna región del mundo está libre, ya que alimentos básicos, como el maíz, que son de distribución mundial, contribuye a su diseminación (Pérez et al. 2008).

Los mayores niveles de contaminación con Aflatoxinas se dan en granos básicos como el maíz, trigo, arroz, cebada y otros frutos secos, en los cuales se pueden encontrar micotoxinas del tipo B y G, las cuales son metabolizadas en el animal y luego son excretadas en la leche como aflatoxina M1 y M2 (Salazar, 2008). Los estudios que reportan estas sustancias como cancerígenas para los humanos, junto con otros estudios que demuestran su efecto tóxico, han llevado a establecer límites máximos para dichas sustancias en los alimentos de consumo humano.

La Aflatoxina M1 es un metabolito de la Aflatoxina B1 que es excretada en la leche y en los productos lácteos del ganado. La presencia de esta Aflatoxina ha sido reportada ampliamente en diferentes partes del mundo, principalmente en países de trópico en donde las condiciones ambientales son propicias para su diseminación (IARC, 2012).

En la IARC existen cinco clasificaciones para los compuestos considerados cancerígenos, esta clasificación evalúa la solidez de la evidencia científica de cada agente para poder definir una posible o probable asociación con el cáncer en los seres humanos, las Aflatoxinas están clasificadas como parte del Grupo 1 el cual considera que existe suficiente evidencia para asociar al agente con el cáncer en los seres humanos (IARC, 2018).

En el país se ha reportado la presencia de Aflatoxinas en granos importados de maíz, así como también en granos de producción nacional (Maldonado, 2014), que pueden estar ligados a malas prácticas de producción, almacenamiento y/o manufactura, por lo que hace consecuente la presencia de Aflatoxinas en productos como la leche fluida y/o subproductos lácteos. Esta investigación fue realizada en conjunto con un proyecto

financiado por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La presencia de Aflatoxinas M1 en leche fluida y en productos lácteos (Bermudez, 2011, Vela, 2016) ha sido evaluada y reportada en diferentes áreas del país, por lo que es importante determinar su incidencia dentro de los municipios de Concepción Las Minas, Chiquimula y Esquipulas del departamento de Chiquimula, considerando principalmente las zonas de mayor producción láctea bovina, y de esta manera, comprobar si estos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para ser consumidos por la población de acuerdo a la Comisión Guatemalteca de Normas (CONGUANOR) y el Códex alimentario.

IV. OBJETIVOS

4.1 General

Determinar los niveles de Aflatoxinas M1 en la leche fluida de vaca en finca y sus características de producción en los municipios de Concepción Las Minas, Esquipulas y Chiquimula del departamento de Chiquimula.

4.2 Específicos

- Determinar la presencia o ausencia de Aflatoxinas M1 en partes por trillón (PPT) en la leche fluida de vaca, en las regiones de alta producción del departamento de Chiquimula durante la época de invierno.
- Establecer la relación de la presencia de Aflatoxinas M1 en la leche fluida de vaca con respecto a la ubicación geográfica de la finca productora.
- Determinar las características de la producción, manejo, alimentación y comercialización de la leche en las fincas productoras en los municipios de alta producción Chiquimula, Esquipulas y Concepción Las Minas durante la época de invierno.

V. HIPÓTESIS

Al menos una de las muestras de leche fluida de vaca recolectadas en los municipios de Concepción Las Minas, Esquipulas y Chiquimula sobrepasa los 0.05 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (50 ppt) de Aflatoxinas M1 durante la época de invierno.

VI. MARCO TEÓRICO

6.1 Micotoxinas

Desde la antigüedad la humanidad ha conocido a los hongos en diferentes situaciones, desde la pudrición del material orgánico, pudiendo utilizar este como complemento para la elaboración de compost, así como también su uso para mejorar alimentos (quesos), producción de vitaminas, enzimas y su uso terapéutico (antibióticos)(Harwood y Wilkin, 2016).

Sin embargo, estos microorganismos se pueden encontrar en cualquier tipo de material orgánico, principalmente en productos alimenticios frecuentemente se les considera contaminantes, ya que causan pérdidas deteriorando el producto, y que estos pueden producir sustancias químicas con carácter toxico conocidas como Micotoxinas. Micotoxina deriva de las palabras griegas *mikes* y *toxina*, que significan hongo y veneno respectivamente, son un compuesto que es producido por el hongo cuando su fase de crecimiento llega a su etapa final (Soriano, 2015).

Se conocen actualmente entre 300 y 400 clases de micotoxinas entre las más importantes encontramos:

- Aflatoxinas (AF)
- Ocratoxina A (OTA)
- Deoxinivalenol (DON)
- Zaelalenona (ZEA)
- Toxina T2 (T2)

De todas las micotoxinas existentes la más estudiada y que posee mayor importancia debido a su inferencia en la salud humana son las Aflatoxinas, reconocidas mundialmente como cancerígenos y tienen un papel importante en la incidencia de carcinoma hepatocelular de ciertas áreas en el mundo (Combata y Mildenberg, 2009).

6.1.1 Aflatoxinas

Las Aflatoxinas son encontradas principalmente en los frutos secos, cereales y el arroz, considerando que se deben tener condiciones de humedad mayor del 15% y temperatura entre los 20° C a 25° C. Una de los géneros de mayor importancia por su producción de Aflatoxinas es el género *Aspergillus*, teniendo como principal especie *A. flavus* que solo

produce Aflatoxinas B y *A. parasiticus*, que produce Aflatoxinas B y G. que siendo estas ingeridas por los animales y que a través de un proceso oxidativo son transformados en Aflatoxinas M₁ y M₂.

Las Aflatoxinas M₁ y M₂ son excretadas en la leche materna tanto animal como humana, así como también en la orina y las heces. Dichos compuestos poseen efectos tóxicos inmediatos, además de ser depresores del sistema inmune, mutagénicos, y carcinogénicos. El principal órgano que es afectado por la ingesta de las Aflatoxinas es el hígado ya que este es el encargado de procesarlo y excretarlo por diferentes vías (Peraica et al., 1999).

a. Estructura

La aflatoxina B₁ es la más frecuente y la más tóxica de todas las que se conocen. Su nomenclatura se refiere a las propiedades físicas y químicas, ya que estas presentan fluorescencia azul (blue) cuando se les observa bajo luz ultravioleta. La estructura química presentada en la figura 1, está constituida por la fusión de un núcleo cumarínico y otro bifurano a los que se les añade una pentanona en el caso de la AF B₁ y un anillo ciclohexanoico en la AF G₁. Las demás Aflatoxinas como la M₁ y la M₂ ocurren como productos metabólicos de sistemas microbianos o animales siendo derivados hidroxilados (Rojas-Contreras y Wilches, 2009).

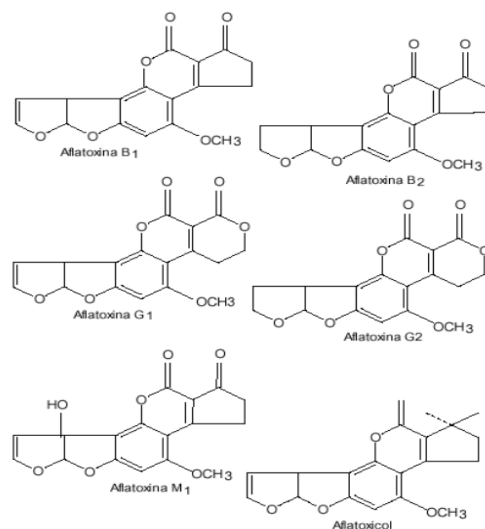


Figura 1. Estructura química de las Aflatoxinas

Fuente: Rojas-Contreras y Wilches, 2009

b. Aflatoxina M1

La AF M1 es el primer producto que se conoce de la metabolización de las Aflatoxinas, esta puede ser encontrada en la leche, orina y heces de los mamíferos. Debido a esto es de vital importancia el control sanitario en animales de producción de cárnicos y lácteos (Combita y Mildenberg, 2009). En la figura 2 se presenta su estructura.

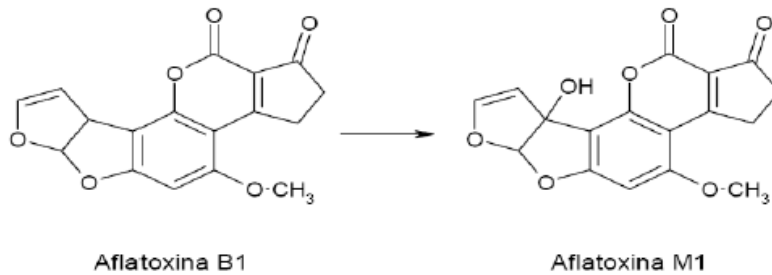


Figura 2. Metabolización de aflatoxina B1

Fuente: Rojas-Contreras y Wilches, 2009.

La estructura química de la Aflatoxina M1 es el derivado 4-hidroxi de la Aflatoxina B1. Su masa molecular relativa es de 328.276 g/mol y su fórmula molecular es $C_{17}H_{12}O_7$. Debido a la existencia de su núcleo bifurano tiene una gran rigidez, favoreciendo la interacción con algunos compuestos de la célula (National Center for Biotechnology Information, 2019).

En producción láctea, la Aflatoxina M1 está relacionada linealmente con la producción de leche y se calcula teniendo en cuenta el porcentaje de Aflatoxina B1 de la dieta excretada en la leche en forma de aflatoxina M1 corresponde al 0,09% al 2% de la dosis consumida (Altamirano, 2019).

6.1.2 La micotoxicosis

Las Aflatoxinas han estado presentes en casos de intoxicaciones de animales por consumos de alimentos contaminados desde los años setenta, aunque existe algunas evidencias que pueden considerarse como la intervención de micotoxinas registrados antes de dichas fechas. La importancia del estudio es debido a que se trata de sustancias que pueden considerarse tóxicas, carcinogénicas, teratogénicas, mutagénicas e inmunosupresoras (Combita y Mildenberg, 2009).

La micotoxicosis es el término que se refiere a el trastorno que produce el consumo de toxinas que son liberadas en el sustrato que es utilizado como alimento para los animales o el hombre. La micotoxicosis tiende a inducir una intoxicación de las siguientes maneras (Combita y Mildenberg, 2009):

- Micotoxicosis primarias agudas: producidas por la ingesta de niveles de micotoxinas altas a moderadas de micotoxinas. Causantes de síndrome de enfermedad aguda o muerte.
- Micotoxicosis primarias crónicas: Ingesta de niveles bajos a moderados, causa enfermedades crónicas específicas.
- Micotoxicosis indirectas: ingesta de concentraciones de micotoxinas muy bajas y suelen causar aumento en la susceptibilidad a otras enfermedades e infecciones.

Las diferentes dosis de ingestión de las micotoxinas producen varias sintomatologías en cada una de las especies, en cerdos las bajas dosis de Aflatoxinas deprimen la ganancia de peso y eleva la susceptibilidad a enfermedades infecciosas. Al subir la dosis y convertirse en aflatoxicosis aguda se presenta la inapetencia, pérdida de peso y deficiencia del estado en general, al procesar la enfermedad se presenta la ictericia, diarrea (a veces con sangre), ataxia, convulsiones y llegando hasta la muerte. En el cuadro 1 se presenta las manifestaciones clínicas y patológicas por la afección de Aflatoxinas.

Cuadro 1. Manifestaciones clínicas y patológicas por afección de Aflatoxinas en bovinos

Clínicas	Patológicas
Anorexia	Hemorragias en vísceras y serosas
Baja ganancia de peso	Hígado firme, fibrosado, pálido
Baja ganancia de peso	Edema mucoso abomaso
Baja tasa de crecimiento	Hematomas subcutáneos
Descenso producción de leche	Riñones pálidos o amarillos, blandos
Depresión, debilidad letargia	Ascitis
Diarrea a veces hemorrágica	Enteritis catarral
Tenesmo	Edemas subcutáneos
Prolapso rectal	Edema colon y pericolon
Muerte sin síntomas	Edema perirrenal
Fotosensibilización	Ictericia generalizada
Ataxia	Hemorragias musculares
Otros signos nerviosos	Baja coagulabilidad sanguínea
Edema submandibular	Enfisema pulmonar
Queratoconjuntivitis	
Disnea	

Fuente: Parada, 1988

En especies equinas son pocos los casos que se han descrito de aflatoxicosis, en la mayoría de los casos siendo de tipo agudo. Los fenómenos más relevantes fueron depresión, ictericia, hematomas subcutáneos y en casos experimentales, fiebre, temblores, ataxia y convulsiones (Parada, 1988).

Entre uno de los efectos de las Aflatoxinas está la inmunosupresión, pero esta acción depende de cada toxina en cuestión. Generalmente se expresa como una disminución de los linfocitos T o B, una supresión de los anticuerpos o un retraso en la actividad de los macrófagos/neutrófilos (Combita y Mildenberg, 2009).

Otros efectos patológicos como los efectos sobre el metabolismo se enfocan en el metabolismo de glúcidos y la alteración del proceso. Así como también puede afectar el Sistema Nervioso Central, el sistema gastrointestinal, hígado, riñón y piel (Combita y Mildenberg, 2009).

6.1.3 Dosis nocivas

En el mundo existe diversidad de micotoxinas, pero una de las más estudiadas son las Aflatoxinas, producidas esencialmente por *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, se conocen actualmente 18 Aflatoxinas, cada una con un grado de toxicidad, la cual se muestra en el siguiente cuadro (Combita y Mildenberg, 2009):

Cuadro 2. Toxicidad de Aflatoxinas de acuerdo a su dosis letal

Aflatoxina	Dosis Letal 50 µg /kg peso vivo
M1(derivado metabólico de la B1 en algunos animales, principalmente en vacas)	0.320
B1	0.364
G1	0.784
M2 (derivado metabólico de la B2 en algunos animales)	1.228
B2	1.696
G2	3.450

Fuente: Combita y Mildenberg, 2009

Tenemos que considerar que pueda existir interacción entre cada una de las micotoxinas, ya que estas pueden tener efecto sinérgico, aditivas, antagónicas y potenciales. Además, considerar que existe poco o nula información sobre los efectos directos de las Aflatoxinas en el hombre debido a la dificultad de exponerlo de forma experimental (Combita y Mildenberg, 2009).

6.2 Condiciones para la producción de Aflatoxinas

En el suelo se encuentran los hongos productores de Aflatoxinas que son parte de la micro flora normal del mismo, el transporte de sus esporas se puede dar por varios medios siendo el más común el aire. El ataque de los hongos y la acumulación de toxinas pueden ocurrir bajo condiciones de campo, pero principalmente se da durante el almacenamiento cuando las esporas son expuestas a factores que favorecen al desarrollo de los hongos y por consiguiente la síntesis de las Aflatoxinas (Vela, 2015).

Para que se dé el desarrollo del hongo en condiciones de almacenamiento se requieren ciertas condiciones entre ellas se encuentran (Vela, 2015):

- Factores físicos:
 - Humedad del sustrato entre 7-15%
 - Humedad relativa del aire entre 85-90%
 - Temperatura entre 12-42°C
- Factores químicos
 - Composición del sustrato que estimula la síntesis de Aflatoxinas (altos en contenidos de Zinc, Hierro, Cadmio, Sacarosa, Glucosa, Fructosa, Entre otros.)
 - pH entre 4-7
 - Bajos niveles de dióxido de carbono
- Factores biológicos
 - Particularidades de las cepas productoras de Aflatoxinas
 - Producto agrícola
 - Condiciones ambientales de las áreas cultivadas
 - Relaciones biológicas

6.3 Metabolismo

Una parte importante durante la micotoxicosis es el metabolismo ya que este define el modo de acción de las Aflatoxinas. Se sabe que las Aflatoxinas ingeridas son activadas por enzimas del sistema oxidativo microsomal, que ocurre en primeramente en el hígado y luego en otros órganos (Combita y Mildenberg, 2009).

Aunque el propio organismo es capaz de detoxificar muchos compuestos mediante reacción de hidroxilación y así facilitar la excreción, en el caso de las Aflatoxinas tienen un efecto adverso, haciendo que estas estén más activas ocasionando daños (Combita y Mildenberg, 2009).

Con respecto a la sensibilidad de los animales a la acción toxicológica de las Aflatoxinas depende de aspectos como la absorción de la misma a través del tracto digestivo, la distribución en el organismo y los mecanismos de absorción y excreción (Combita y Mildenberg, 2009).

Los efectos principales producidos por la unión de Aflatoxinas a macromoléculas es la alteración en la síntesis de ADN, ARN y proteínas, lo que produce cambio en la permeabilidad de las membranas mitocondriales, desintegración temporal de ribosomas, disminución de respiración celular, alteración de glicolisis y gluconeogénesis, así como también la disminución de la actividad de ciertas hormonas por la competencia ocasionada para establecerse en sus receptores específicos(Combita y Mildenberg, 2009).

Luego de ser metabolizada la aflatoxina es excretada por orina, leche o heces, algunas de las referencias consideran que aproximadamente el 80% de la aflatoxina ingerida por el animal es excretada en un periodo de 7 días (Ballesteros, 2014). En otros casos se han realizado evaluaciones acerca del periodo necesario para detectar la presencia de Aflatoxinas en leche luego de la ingestión de la misma, determinando así que en el caso específico de rumiantes se puede llegar a detectar la presencia a partir de las 6 horas luego de la ingesta de la aflatoxina. En la figura 3 se presenta el comportamiento de la Aflatoxina M1 durante periodos de 96 horas.

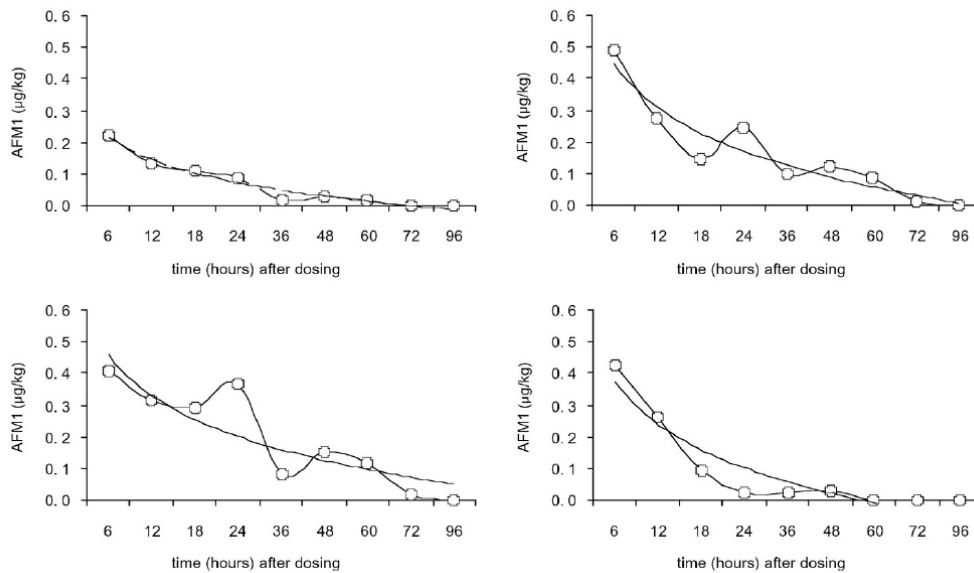


Figura 3: Comportamiento de AFM1, en un periodo de 96 horas

Fuente: Battacone et al., 2003

Battacone et al. (2003), realizaron la toma de muestras de leche en ovinos cada 6 horas durante un periodo de 96 horas, la detección de la Aflatoxina fue desde la primera toma de muestra, 6 horas después de la administración, teniendo patrón oscilatorio en las 24 y 48 horas, considerando que esto puede estar relacionado a actividad del rumen, la liberación gradual de la toxina a partir del tejido a la sangre, a la conversión de hígado de AFB1 a AFM1, y a la toxina excretada en orina y heces.

Otro de los factores de importancia a considerar es el tiempo que dura la aflatoxina en el animal luego de su última exposición a la aflatoxina, en un caso en específico, se realizó la contaminación de ovinos durante un periodo de 312 horas suministrando la aflatoxina por vía oral, la toma de muestras se realizó cada 12 horas hasta completar las 312 horas, para luego iniciar el periodo de aclaramiento, que es el periodo de eliminación de la aflatoxina del organismo, en donde luego de esto se tomaron muestras cada 24 horas (Battacone et al., 2003).

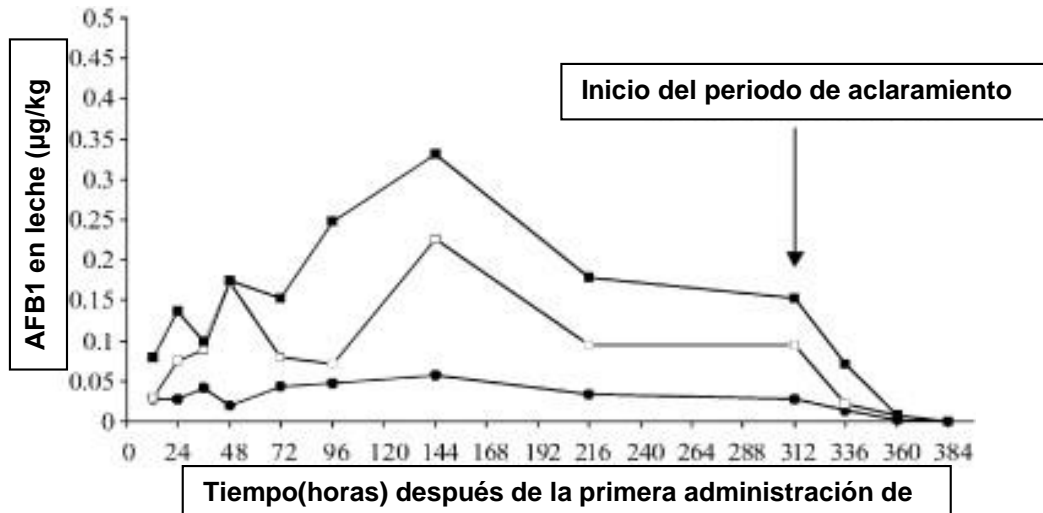


Figura 4. Comportamiento de AFM1, con un periodo de aclaramiento
Fuente: Battacone et al., 2003

Como se observa en la figura 4, en los resultados obtenidos se detectó Aflatoxina en leche durante las primeras 12 horas, luego la concentración de la misma fue aumentando hasta llegar a un punto máximo a las 144 horas, para luego disminuir y estabilizarse a las 216 horas, hasta llegar a las 312 horas, donde comienza el periodo de aclaramiento.

Durante el periodo de aclaramiento la concentración de aflatoxina disminuyó rápidamente teniendo valores de 0 a las 384 horas desde la primera ingestión de Aflatoxinas, o bien 72 horas después de la última administración (Battacone et al., 2003).

6.4 Principales hongos productores de micotoxinas

Las micotoxinas pueden ser ingeridas a partir de alimentos o forrajes contaminados directa o indirectamente. Cuando se refieren a contaminación directa es la que puede ocurrir durante la producción, transporte y/o procesamiento del alimento o forraje. Mientras que con la contaminación indirecta nos referimos a la adición de un componente previamente contaminado con un moho toxicogénico que ya ha desaparecido, pero aún prevalece su micotoxina (Barahona-Salguero, 2012).

En la naturaleza existen principalmente 5 tipos de hongos que producen micotoxinas. Una de las principales especies productoras de micotoxinas son el *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, además de ser muy comunes y ampliamente distribuidas en la naturaleza, son productoras de Aflatoxinas B y G, que por medio de degradación metabólica pueden convertirse en Aflatoxinas M1 y M2. Las otras especies son *Penicillium*, *Fusarium*, *Claviceps* y *Alternaria* (Combata y Mildenberg, 2009). En el cuadro 3 se presenta los principales géneros productores de micotoxinas:

Cuadro 3. Principales géneros productores de micotoxinas

HONGO	TOXINA
<i>Aspergillus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Aflatoxina • Sterigmatocistina
<i>Fusarium</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ocratoxina A • Tricotocenos • Zearalenonas • Fumonisinias • Fusarina • Moniliformina
<i>Penicillium</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Patulina • Citrinina • Ocratoxina A
<i>Alternaria</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Alternariol • Ácido tennazonico
<i>Claviceps</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Alcaloides

Fuente: Combata y Mildenberg (2009).

Muchos de los hongos no son productores de micotoxinas, por lo que esto deja a un lado de que todo el grano enmohecido es tóxico. Pero de la misma manera pueda que se detecte micotoxinas sin que se tenga presencia de un hongo productor, ya que el hongo pudo haber sido eliminado por los procesos químicos y la alteración del ambiente por el que fue tratado el sustrato (Combata y Mildenberg, 2009).

Los hongos pueden ser divididos en dos grupos según el material que invaden, considerando esto, se tiene (Combata y Mildenberg, 2009):

- Hongos de los campos de cultivo: principalmente invaden granos y producen sus toxinas antes de realizar la cosecha. Generalmente se requiere altos niveles de humedad en el grano. Típicamente encontramos los géneros *Alternaria* y *Fusarium*.
- Hongos de almacenaje: aquellos que invaden cultivos, pero luego de realizada la cosecha durante el almacenamiento. Aquí encontramos los géneros *Aspergillus* y *Penicilium*.

6.5 Marco legal para el control de las micotoxinas

En el aspecto legal de las micotoxinas, se inició la legislación para el control de dichas sustancias en la década de los 60, determinando los límites permisibles en “Partes por billón” (ppb) que es una unidad de peso que equivale a un nanogramo de toxina por gramos de alimento. Las ppb también equivalen a un microgramo de toxina por litro de leche(Combita y Mildenberg, 2009).

Estas legislaciones fueron consideradas tanto como para alimentos para consumo humano, sino que también alimentos destinados para el consumo animal. En los Estados Unidos la entidad encargada de estas legislaciones es la “Food and Drug Administration” (FDA), quien fijó inicialmente el “nivel de acción” para las Aflatoxinas en 30 ppb a comienzo de la década de los 60(Combita y Mildenberg, 2009).

Durante el pasar del tiempo la FDA, también determinó el nivel de acción de la Aflatoxina M1 fijándolo en 0.5 ppb, esto determinado a partir de que los niveles de Aflatoxinas de 20ppb en la dieta de las vacas lecheras resulta en niveles de aflatoxina M1 por debajo de 0.5 ppb en la leche (Combita y Mildenberg, 2009).

En muchos países se han realizado las legislaciones para establecer los niveles permitidos de Aflatoxinas, en su mayoría para las Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2, mientras que a nivel mundial solo se tienen 14 países que tienen una legislación específica para la aflatoxina M1(Combita y Mildenberg, 2009).

En Europa y algunos países de América Latina se tiene las reglamentaciones específicas sobre la presencia de aflatoxina M1, pero existen diferencia entre los límites, que ha permitido discusiones en el Codex alimentarius. Pero FAO y OMS, a través del Codex

alimentarius establecieron un límite de 0,5 µg/kg (500ppt) en leche, por lo que Estados Unidos, República de Corea, Croacia, Eslovaquia entre otros establecieron el mismo rango. Otros países como Chile, Estonia, Honduras y otros países que integran la Unión Europea establecen un límite de 0,05 µg/kg = 50 ng/kg (50 ppt) (Barahona-Salguero, 2012).

En Guatemala no existe aún un mecanismo de control y regulación de micotoxinas en alimentos de consumo humano o animal. En nuestro país solo se tiene la legislación realizada por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) para las Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2, en almendras, maíz blanco y amarillo, harina de maní, harina de algodón, maní, mantequilla de maní y nueces de pistacho(Barahona-Salguero, 2012).

Debido a falta de la regulación tendremos que referirnos al Reglamento Técnico Centro Americano (RTCA), en donde dan a conocer que nuestros productos deben de cumplir con la reglamentación establecida en el Codex Alimentarius para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos; en el cual se indica que los niveles máximos permisibles en leche son de 50ppt (Vela, 2015).

6.6 Marco referencial

En Guatemala se han realizado muy pocos estudios sobre la presencia o ausencia de la AFM1 en la leche cruda de bovino. Las investigaciones realizadas han llegado a proporcionar un panorama limitado de la situación nacional debido a factores que limitan la realización de una investigación de mayor alcance o de mayores proporciones, su importancia está ligada a que está, afecta uno de los productos de importancia en la nutrición guatemalteca.

Entre las investigaciones realizadas en Guatemala sobre la presencia de AFM1 en leche y subproductos lácteos se encuentran:

En 1995, Marroquín, Identificó y cuantificó a través de un estudio comparativo la AFM1, en leches fluidas pasteurizadas y no pasteurizadas que se distribuyen en la ciudad de Guatemala, mediante Cromatografía líquida de Alta Presión (HPLC). Las muestras analizadas no presentaron contaminación de dicha toxina (Citado en Vela, 2015).

En 2011, Bermúdez, determino la presencia de la AFM1 en leche cruda de bovino, proveniente de explotaciones lecheras asociadas a COOPROLECHE, en la región de la costa sur de Guatemala, mediante la prueba de ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay). Las muestras analizadas presentaron AFM1 en cada una de ellas. Sin embargo, todas las concentraciones se encontraban debajo del límite permisible que establece la FDA (Food & Drug Administration) de Estados Unidos de Norteamérica, según la norma CPG Sec. 527.400 (Vela, 2015).

En el 2012, Pinto-España, determinó la incidencia de Aflatoxina M1 en leche fluida de vaca en los expendios del municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula. Las muestras fueron analizadas, determinando que un 58% de las mismas se encontraban por arriba del límite de 50ppt (Pinto-España, 2012).

En 2013, Barahona-Salguero, determinó la incidencia de Aflatoxina M1 en leche fluida de vaca de los expendios de la ciudad de Chiquimula. Las muestras analizadas presentaron AFM1, en un 65% de los expendios de la ciudad de Chiquimula pero del total de las muestras recolectadas un 15 % de las muestras se encuentran en un límite mayor a las 50ppt (Barahona-Salguero, 2012).

En 2014, Aragón, determinó la presencia de AFM1 por el método de ELISA en queso seco y oreado que se expende en cinco mercados municipales de la ciudad de Guatemala. Las muestras analizadas presentaron AFM1 en queso seco en un promedio de (0.001164 ppb) y oreado (0.001167 ppb), no encontrando diferencia significativa en la cantidad de AFM1 entre ambos (Citado en Vela, 2015).

VII.MARCO METODOLÓGICO

7.1 Enfoque y tipo de investigación

La investigación fue no experimental, con un estudio con enfoque cuantitativo transversal observacional, donde se determinó la ausencia y presencia, y niveles mínimos y máximos de Aflatoxina M1 en la leche cruda de bovino en finca para el consumo humano de la región lechera del departamento de Chiquimula identificados en los municipios de Concepción Las Minas, Esquipulas y Chiquimula (Ver figura A2, A3, A4 y A5).

El presente estudio fue una investigación descriptiva correlacional en función de los datos sobre la presencia y ausencia de Aflatoxinas en la leche fluida en los meses de julio, agosto y octubre del 2019 y la explicativa en cuanto a los aspectos del manejo de los alimentos proporcionados a los bovinos por parte del productor.

7.2 Recolección de la información

7.2.1 Población y muestra

Para la determinación de la muestra de fincas en el departamento de Chiquimula de donde se tomaron las muestras de leche, se usó la información del último censo agropecuario nacional (Instituto nacional de Estadística, 2005), donde hay registrados municipios que producen más de 3,000 litros/leche/día como es el caso de Chiquimula, Esquipulas y Concepción Las Minas, en donde existían 952 fincas productoras de leche.

De estas fincas se tomó una muestra no probabilística por juicio que fueron 34 fincas distribuidas en los tres municipios a través de un muestreo aleatorio estratificado con afijación proporcional (siete en Chiquimula, 13 en Esquipulas y 14 en Concepción Las Minas), con tres muestras de leche por finca de los municipios en estudio para un total de 102 muestras de leche. Además, se realizó la determinación de la ubicación geográfica de las fincas para establecer si existen relaciones entre cada uno de los municipios y la presencia de AFM1.

Las características de inclusión que tuvieron dichas fincas fueron el uso de alimentos como rastrojos, granos como el maíz y maicillo, ensilados y alimentos concentrados, además, producir más de 50 litros/día, más la comercialización de la leche y de sus

subproductos; fueron establecimientos que producen leche de vaca localizadas en diversos ecosistemas y con diferentes sistemas de producción mixtos.

La fuente de información que se utilizó fue una boleta donde se solicitó a través de una entrevista los datos al ganadero (Ver Figura A1), principalmente las características organolépticas de los suplementos y la manipulación que se les da dentro de cada finca determinando la posible relación de contaminación con AFM1. A partir de la información suministrada se calculó el volumen de leche positiva arriba del nivel permisible (ppt) por finca/municipio (volumen de leche positiva/volumen total producida por finca * 100) a partir de 0.5 µg/L (ppt) de AFM1.

7.2.2 Técnicas e instrumentos

La toma de la muestra consistió en 200 mL de leche del recipiente colector de la finca, la cual se dispuso en un recipiente estéril y hermético, trasladado en refrigeración a -4 °C hasta el laboratorio de microbiología del CUNORI, para luego, al momento del diagnóstico, trasladarlo con su respectiva boleta de datos e identificación de la misma hacia el laboratorio de Desarrollo de Soluciones Globales en la ciudad capital de Guatemala.

A partir del kit Elisa AgraQuant Aflatoxin M1 que determina en un rango de 25 hasta 500 ppt de Aflatoxinas, utilizando el método ELISA directa, se analizaron las muestras almacenadas en congelación, en el laboratorio contratado.

En el laboratorio se realizó el protocolo establecido para la realizar la prueba de Elisa:

- Todos los reactivos deben estar a temperatura ambiente en un rango de 18-30°C antes de usarlos.
- Pipetear 200 mL de solución conjugada en los pozos de dilución
- Mezclar bien y transferir 100mL de los pozos de dilución a los pozos recubiertos de anticuerpos para incubarlo por 60 minutos
- Luego se debe realizar 5 lavados de los pozos con agua destilada
- Dejar seca los pozos

- Pipetear 100ml de la solución sustrato en los pozos recubiertos anticuerpos para luego incubar en la oscuridad por 20min
- Antes de pasar a leer las tiras con el lector Elisa se debe agregar 100 mL de solución de parada en los pozos recubiertos de anticuerpos
- Para luego usar el lector Elisa usando un filtro de 450nm y filtro diferencial de 630nm. Se establecieron los rangos estándar para hacer las conversiones de ng/L a partes por trillón (ppt), a partir del límite máximo de residuo (LMR) de 0.05 µg/L (50 ppt) en un lector de microplacas con una calibración de 450 nm con un filtro de aire diferencial de 630 nm.

7.3 Procesamiento y análisis de la información

Para las diferentes variables cuantitativas se desarrolló análisis univariado de la información y para las variables cualitativas se desarrollaron tablas de frecuencias y de contingencia, con la finalidad de inferir sobre las posibles relaciones entre variables, lo cual permitió establecer análisis multivariados y las influencias entre variables.

Para el análisis de la información se utilizó la prueba de Wilcoxon de calificación de signo, la cual utiliza las magnitudes de las diferencias entre las mediciones y un parámetro de la ubicación con el paquete estadístico infostat.

Se estableció la concordancia entre el volumen de leche por finca/municipio y su relación con el manejo de los alimentos proporcionados a los bovinos para lo cual se hicieron tablas de frecuencias y contingencia para contrastar los resultados.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para este estudio se contó con la participación de 62 productores localizados en los municipios de Chiquimula, Esquipulas y Concepción Las Minas, de las cuales al finalizar únicamente 34 fincas fueron analizadas, esto debido al alto costo que representa cada uno de los análisis del laboratorio realizados y la falta de interés de los mismos.

Como se mencionó anteriormente actualmente en Guatemala no se cuenta con un límite establecido para la presencia de AFM1 en la leche, por lo que se consideró lo establecido en el Codex Alimentarius para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos; en el cual se indica que los niveles máximos permisibles(LMP) en leche son de 50ppt (Vela, 2015), para el análisis de los datos.

En la tabla 1, se muestra un resumen de los resultados de las muestras tomadas en los diferentes municipios donde se realizó el estudio, en donde a partir del LMP se determinó la presencia o ausencia de AFM1 en las diferentes zonas.

Tabla 1. Resultados de las fincas muestreadas para la presencia o ausencia de AFM1 en los tres municipios en estudio

Variable	Esquipulas		Chiquimula		Concepción Las Minas		Totales	
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%
Fincas muestreadas	13	38.24	7	20.59	14	41.18	34	100
Presencia de AFM1	9	69.23	4	57.14	10	71.43	23	67.65
Ausencia de AFM1	4	30.77	3	42.86	4	28.57	11	32.35

Fuente: Elaboración propia

Considerando lo establecido en el Codex alimentarius que indica que el LMP en leche fluida de vaca es de 50PPT (Vela, 2015), se determinó que 23 (67.65%) del total de las 34 fincas muestreadas se encuentran por encima del LMP. Específicamente, Esquipulas tiene 9 (69.23%) fincas positivas y 4 (30.77%) negativas de 13 fincas muestreadas, Chiquimula tiene 4 (57.14%) positivas del total de 7 fincas muestreadas y Concepción Las Minas tiene 10 (71.43%) positivas de un total de 14 fincas muestreadas en el

municipio. Únicamente 11 (32.35%) del total de las fincas muestreadas no sobrepasaron el LMP de AFM1 en leche.

Estudios similares realizados con anterioridad en el país, Barahona, (2012) determinó la incidencia de Aflatoxina M1 en leche fluida de vaca de los expendios de la ciudad de Chiquimula, obteniendo como resultado que las muestras analizadas presentaron AFM1 en un 65% de los expendios de la ciudad de Chiquimula, únicamente el 15% se encontraron por encima del LMP establecido, un comportamiento similar los resultados obtenidos en este estudio en donde de 7 fincas muestreadas el 57.14% demostraron estar por arriba del LMP.

También Pinto-España (2012) realizó el estudio de incidencia de AFM1 en leche fluida de vaca en el municipio de Esquipulas, determinando que un 58% de las mismas se encontraban por arriba del LMP, en el presente estudio en Esquipulas se determinó que de 13 fincas muestreadas 9 (69.23%) se encontraron por arriba del LMP.

Considerando otros estudios en el país, Bermúdez (2011), realizó la determinación de la presencia de la AFM1 en leche cruda de bovino, proveniente de explotaciones lecheras asociadas a COOPROLECHE, en la región de la costa sur de Guatemala, en este caso todas las muestras analizadas presentaron AFM1. Sin embargo, todas las concentraciones se encontraron debajo del límite permisible que establece la FDA (Food & Drug Administration) de Estados Unidos de Norteamérica, según la norma CPG Sec. 527.400. (Vela, 2015). Las concentraciones encontradas en este estudio fueron: que un 33% se estaban en el rango de 40 PPT, un 17% de 50 PPT y otro 17% en un rango de 70 PPT. En el presente estudio 23 fincas se encontraron arriba del LMP de 50 PPT siendo el 67.65% de las muestras analizadas.

Al realizar el análisis estadístico de los datos con la prueba no paramétrica de Wilcoxon (Ver Tabla A1), comparando el rango medio de los resultados de la presencia de AFM1 se logró demostrar (99.99% IC) que existe presencia de AFM1 en los municipios de Esquipulas, Chiquimula y Concepción Las Minas. Dato preocupante, debido a que la presencia de AFM1 en leche tiene efectos acumulativos tóxicos, además de

carcinogénicos, teratogénicos, mutagénicos e inmunosupresores tanto en humanos como en animales (Combita y Mildenberg, 2009).

8.1 Determinación de la relación de la presencia de Aflatoxina M1 en la leche fluida de vaca con respecto a la ubicación geográfica de la finca productora

En este apartado se determinó si existe la relación entre la presencia de AFM1 por encima del LMP, dentro de cada uno de los municipios en donde se realizó el estudio, proponiendo que pueda existir alguna relación entre estas variables, que pueda estar influenciada otros factores propios de las zonas.

Para su determinación se realizó la prueba no paramétrica Chi cuadrado de Pearson el cual indicó la diferencia entre el grado de contaminación presentado en los diferentes municipios. Los cuales se presenten en la siguiente tabla:

Tabla 2. Resultados Pearson para la relación de presencia de aflatoxina M1 en el municipio con respecto a la ubicación geográfica

Estadístico	Valor	GL	P
Chi cuadrado Pearson	68.00	64	0.3427

Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido con la prueba de Chi cuadrado de Pearson fue un valor de $P = 0.34$, que indica que estadísticamente la contaminación es similar para todos los municipios en estudio.

8.2 Determinación de las características de producción, manejo, alimentación y comercialización de la leche de las fincas productoras en los municipios en estudio del departamento de Chiquimula

La presencia de AFM1 en la leche está estrictamente ligado al consumo de un alimento contaminado con mico toxinas, ya que este será metabolizado y excretado como AFM1 a través de la orina y la leche, es por esto que el análisis de características propias de cada finca se vuelve de relevancia para este estudio, en donde la producción, el manejo,

alimentación y comercialización de la leche nos dará un panorama general del estado actual de las fincas.

En este estudio, para la determinación de las características de producción, manejo alimentación y comercialización de las fincas muestreadas se utilizó una encuesta (Ver figura A1) la cual fue realizada en conjunto con los propietarios de las fincas.

8.2.1 Producción

El apartado de producción de las fincas dio a conocer algunos aspectos productivos de como la cantidad de leche producida, el promedio de producción de leche/vaca/día, también la producción y comercialización de los productos elaborados. En la tabla 3, se muestra el resumen de los resultados de las encuestas en el aspecto productivo de las fincas.

Tabla 3. Frecuencias de aspectos productivos de la finca como la cantidad de leche producida por finca, el promedio de producción de leche/vaca/día, la elaboración de productos y comercialización de los productos elaborados

Variables	Esquipulas		Chiquimula		Concepción Las Minas		TOTALES	
	FR	%	FR	%	FR	%	FR	%
Fincas encuestadas	12	35.29	3	9.09	18	54.55	33	100
Litros de leche/día	280	16.06	550	31.55	913	52.38	1743	100
Producción en Litros/Finca	23.33	NA	183	NA	50.72	NA	NA	NA
Cantidad de leche/vaca/día	6.04	NA	6	NA	7.31	NA	6.77	NA
Elaboración de Productos lácteos	12	100	1	33.33	3	16.67	16	48.48
Productores que dan su leche para centro de acopio	1	9.09	3	100	12	66.67	16	48.48

*NA= No Aplica

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta que se realizaron un total de 33 entrevistas distribuidas en las zonas de estudio, la participación de cada municipio se puede observar en la tabla 3, en la cual Concepción Las Minas tuvo una participación mayoritaria del 54.55%, en Esquipulas se tuvo 35.25% y un 9.09% en Chiquimula. Una de las características productivas

determinadas fueron los litros de leche diarios producidos, el total fue de 1,743 litros/día de las 33 fincas encuestadas, teniendo un promedio de 6.77 litros/vaca/día.

Estos 1,743 litros diarios en su mayor parte, son producidos en el municipio de Concepción Las Minas con el 52.38%, luego Chiquimula con un 31.55% y por último, Esquipulas con un 16.06%. Además, la cantidad promedio de leche producida por finca obtuvo que en el municipio de Chiquimula se producen en promedio 183 litros/día/finca mientras que en Esquipulas 23.33 litros de leche por finca y en Concepción Las Minas 50.72 litros por finca. Un dato importante es la determinación de Litros/vaca/día de cada zona obteniendo que en la zona de Concepción Las Minas se tiene un valor de 7.31 L/vaca/día, en Esquipulas se obtuvo 6.04 L/vaca/día y en Chiquimula 6 L/vaca/día.

Con respecto a la comercialización de la leche, existe una tendencia igualitaria en la elaboración de productos lácteos y la comercialización por medio de un acopio, teniendo 48.48% de participación en ambos casos

Tabla 4. Análisis estadístico sobre litros de leche por día por finca y de litros de leche por vaca por día de las fincas en los municipios en estudio

Variable	N	\bar{X}	D.E.	Var(n-1)	Var(n)	E.E.	CV	Min	Max	M_e
Litros de leche/día	33	52.82	56.80	3,226.59	3,128.82	9.89	107.54	4	210	30
Litros/leche/vaca/día	33	6.55	2.08	4.34	4.21	0.36	31.81	3	12	6.5

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se encuentran los resultados del análisis estadístico univariado de los datos de producción, la cantidad media de leche total producida por finca es de 52.82 litros de leche, teniendo un mínimo de 4 litros y un máximo de 210 litros, con una mediana de 30 litros por finca. Con respecto al promedio de litros de leche/vaca/día la media de todas las fincas es de 6.55, con un mínimo de 3 y un máximo de 12, y teniendo una mediana de 6.5 litros/vaca/día.

8.2.2 Manejo

El manejo de las fincas está relacionado con aspectos técnicos de la finca entre los que se encontraron el tipo de ordeño, la cantidad de ordeños, el número de animales en producción, entre otros, que dio un panorama sobre el tamaño de las fincas y que tan tecnificadas pueden estar.

Tabla 5. Frecuencias vacas en ordeño por finca en los municipios en estudio

Variable	Categoría	FA	FR	FAA	E(FA)	E(FR)	E(FAA)	χ^2	P
Bovinos en producción	De 1 a 10	25	0.76	25	22.82	0.69	22.82	0.21	
	11 a 20	6	0.18	31	7.98	0.24	30.80	0.70	
	30 a 40	1	0.03	32	2	0.06	32.80	1.20	
	Más de 50	1	0.03	33	0.22	0.01	33	4.28	0.2325

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se observa la cantidad de animales en producción, nos dio un panorama general sobre el tamaño de las fincas, se determinó un valor de bastante relevancia como es la cantidad de litros de leche/vaca/día, respecto a la cantidad de animales en producción, al realizar el análisis estadístico se determinó que no existe diferencia significativa entre los diferente tamaños de los hatos, pero en las zonas predominan las producciones con un promedio dentro de 1 a 10 animales, siendo estas un 76% de las fincas.

Tabla 6. Resultado frecuencias del tipo de ordeño en la finca de los municipios en estudio

Variable	Categoría	FA	FR	FAA	E(FA)	E(FR)	E(FAA)	χ^2	P
Tipo de Ordeño	Manual con ternero	29	0.88	29	22.82	0.69	22.82	1.67	
	Manual sin ternero	2	0.06	31	7.98	0.24	30.80	6.15	
	Mecánico sin ternero	2	0.06	33	2.20	0.07	33	6.17	0.0457

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se observa el tipo de ordeño el cual es otro de los factores para determinar qué tan tecnificada esta una finca, con respecto a los resultados obtenidos de las

encuestas realizadas se determinó que en un 88% de las fincas utiliza el ordeño manual con la presencia del ternero, significando esto que no se realiza el destete precoz, o bien, que se realiza un destete tardío, del total de las fincas únicamente un 6% dieron a conocer que utilizan un ordeño mecánico y sin la presencia del ternero. Con respecto a la cantidad de ordeños realizados por día, la mayor presencia con un 94% de los datos fue de 1 ordeño por día, teniendo únicamente un 6% que realizan 2 ordeños por día (ver cuadro A2).

Tabla 7. Frecuencias de los sistemas de pastoreo en las fincas de los municipios en estudio

Variable	Categoría	FA	FR	FAA	E(FA)	E(FR)	E(FAA)	χ^2	P
Sistema de pastoreo	Extensivo	1	0.03	1	22.82	0.69	22.82	20.86	
	Semi-extensivo	32	0.97	33	10.18	0.31	33	67.62	0.001

Fuente: Elaboración propia

Una de las fuentes de alimentación más baratas en fincas es el pastoreo, y este es importante en la descripción del manejo de una finca, los resultados obtenidos determinaron que en un 97% de las fincas se categorizaban con un sistema de pastoreo semi-extensivos, teniendo una alimentación basada en el pastoreo, pero con la suplementación de alimentos balanceados, un sistema intermedio entre el intensivo el cual tiene animales en completo confinamiento y el extensivo donde el pastoreo es su única fuente de alimentación. Para este factor las diferencias fueron significativas (99.99% de IC).

8.2.3 Alimentación

Un aspecto importante es la alimentación, debido a que tiene una estrecha relación sobre la presencia de AFM1 en la leche, ya que, si el alimento es de mala calidad o bien ha pasado por un mal manejo, este puede estar contaminado con micotoxinas y al ser consumido por el animal se metabolizada y es excretada en la leche como AFM1 (Salazar, 2008).

Tabla 8. Frecuencias de las características del manejo y alimentación en las fincas de los municipios en estudio

Variables	Esquipulas		Chiquimula		Concepción Las minas		TOTALES	
	FR	%	FR	%	FR	%	FR	%
Forraje de corte	6	50.00	2	66.67	17	94.44	25	75.76
Suministran Ensilaje	10	83.33	2	66.67	15	83.33	27	81.82
Utilizan maíz para Ensilar	8	80.00	0	-	14	93.33	22	66.67
Presencia de anomalías	7	70.00	1	50.00	11	73.33	19	57.58
Suministra rastrojo	2	16.67	0	-	13	72.22	15	45.45
Rastrojo de maíz	0	-	0	-	4	30.77	4	26.67
Rastrojo de maíz + frijol	2	100.00	0	-	6	46.15	8	53.33
Rastrojo de maíz + frijol + manía	0	-	0	-	1	7.69	1	6.67
Rastrojo de maíz +frijol + sorgo	0	-	0	-	2	15.38	2	13.33
Suministra granos	0	-	0	-	6	33.33	6	18.18
Suministra harinas	0	-	0	-	10	55.56	10	30.30

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se presentan los resultados con respecto a la alimentación, las características analizadas principalmente son la suplementación de forraje de corte, el posee una presencia del 75.76% del total de los encuestados; la suministración de ensilaje, que esta implementada en un 81.82% de las fincas, así como también, la suplementación de rastrojos con una presencia en las fincas del 66.67%, el suministro de granos y harinas con un 18.18% y 30.30% respectivamente.

Tabla 9. Frecuencia sobre el suministro de alimentación en las fincas de los municipios en estudio

Variable	Categoría	FA	FR	FAA	E(FA)	E(FR)	E(FAA)	χ^2	P
Suministra forraje verde	NO	14	0.42	14	22.82	0.69	22.82	3.41	
	SI	19	0.58	33	10.18	0.31	33	11.05	0.0009
Utiliza ensilaje	No	6	0.18	6	22.82	0.69	22.82	12.40	
	SI	27	0.82	33	10.18	0.31	33	40.18	<0.0001
Suministra rastrojos	No	20	0.61	20	22.82	0.69	22.82	0.35	
	SI	13	0.39	33	10.18	0.31	33	1.13	0.2882

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se presentan los resultados sobre el suministro de alimentación, se determinó a partir de tablas de frecuencia, la significancia entre el suministro de forraje verde de corte, la implementación de ensilaje y el suministro de rastrojos (99.99% IC) que, sí existe diferencias entre suministrar o no forraje verde de corte, así como también en la utilización de ensilaje.

En el caso del suministro de rastrojos en las fincas, los resultados de la tabla 9, demuestra que las diferencias no son significativas ($P 0.2882$) que representa un valor de confianza del 71.18% considerando así que las diferencias entre ellos no son significativas en un 95%.

Con respecto al ensilaje que principalmente se implementa en conjunto con el forraje de corte para suplementar forraje verde durante la época seca, el 81.82% en todas las fincas encuestadas, implementan principalmente silos bolsa, o bien silos de trinchera, además, un factor común en la elaboración de ensilaje es la utilización de maíz como material ya que un 66.67% de los que realizan ensilaje, manifestaron utilizarlo como material principal agregándole otros materiales como sorgo, caña de azúcar y otros materiales.

Tabla 10. Resultados de las frecuencias del material de ensilaje en la finca de los municipios en estudio.

Variabes	FA	FR	FAA	E(FA)	E(FR)	E(FA A)	χ^2	P
Maíz	8	0.30	5	18.67	0.69	18.67	6.10	
Maíz, caña de azúcar	2	0.07	10	6.53	0.24	25.20	9.24	
Maíz, caña de azúcar, maralfalta	1	0.04	11	1.64	0.06	26.83	9.48	
Maíz, napier verde o morado	2	0.07	13	0.16	0.01	26.99	30.43	
Maíz, napier verde o morado, caña de azúcar	1	0.04	14	0.01	2.3E ⁻⁰⁴	27	189.98	
Maíz, sorgo	3	0.11	17	9.1E-05	3.4E ⁻⁰⁶	27	98751.71	
Maíz, sorgo, napier verde o morado	3	0.11	20	5.1E-07	1.9E ⁻⁰⁸	27	17646249.74	
Maíz, sorgo, zacate	2	0.07	22	1.1E-09	4.0E ⁻¹¹	27	3691432221.24	
Sorgo	4	0.15	26	0	0	27	18409207150713.4	
Sorgo, napier verde o morado	1	0.04	27	0	0	27	18409207150713.4	<0.0001

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se presentan los resultados que demuestran que para la elaboración del ensilaje, el maíz es el material con mayor utilización, teniendo un 66.67% de preferencia por parte de las fincas encuestadas, (99.99% IC) se afirma que sí existen diferencias significativas en la utilización de las diferentes combinaciones de maíz con respecto a otros materiales utilizados para la elaboración de ensilado. Alpizar (2015) dio a conocer que el sustrato o el alimento puede estar estrictamente relacionado con la presencia y el tipo de hongos y micotoxinas que pueden contaminarlo, según sus observaciones combinaciones de pastos mixto, ryegrass, trébol y maíz están mayor mente relacionada con las Aflatoxinas obteniendo concentraciones de hasta 14240 PPT.

Un factor de importancia a considerar en la presencia de AFM1 en la leche, son las anomalías en el ensilado, ya que se ha identificado que pueden existir 4 categorías de hongos productores de micotoxinas, el primero son patógenos en las plantas que se utilizan para el ensilaje, el segundo son hongos presentes en plantas senescentes o estresadas, el tercero son hongos que colonizan plantas que provocan la contaminación luego de la cosecha y los últimos son hongos que están presentes en el suelo o en material en descomposición, por esto mismo es que la contaminación de micotoxinas se puede dar previo a la cosecha, durante la cosecha o durante el almacenamiento. (Alpízar, 2015).

Sobre este tema se obtuvo que el 57.58% de los encuestados manifestaron poseer algunas anomalías, teniendo con más frecuencia la presencia de mohos con un 36.36% y luego en menores proporciones combinaciones de malos olores, pudriciones y algunos exudados.

Tabla 11. Frecuencia de las anomalías en los ensilajes como malos olores, pudrición, exudados en la finca de los municipios en estudio

Variables	FA	FR	FAA	E(FA)	E(FR)	E(FAA)	X²	P
Malos olores, pudriciones	1	0.03	1	22.82	0.69	22.82	20.86	
Malos olores, Pudriciones y exudados	1	0.03	2	7.98	0.24	30.80	26.96	
Presencia de mohos	12	0.36	28	0.20	0.01	32.99	805.24	
Presencia de mohos, y malos olores	3	0.09	31	0.01	2.3E ⁻⁰⁴	33	1988.78	
Presencia de mohos, malos olores y pudriciones	1	0.03	32	1.1E ⁻⁰⁴	3.4E ⁻⁰⁶	33	10947.49	
Presencia de mohos y Pudriciones	1	0.03	33	6.3E ⁻⁰⁷	1.9E ⁻⁰⁸	33	1602791.18	
Ninguna	14	0.42	16	2	0.06	32.8	98.98	<0.0001

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las anomalías presentes en el ensilaje en la tabla 11 se observa que se determinó que sí existen diferencias significativas (99.99% IC) entre las diferentes combinaciones presentadas por las fincas; la aparición de mohos en el ensilaje, es la anomalía con mayor presencia. Esta anomalía está estrictamente relacionada con el mal manejo del ensilado ya que por regla general, cualquier material posee un importante grado de contaminación microbiológica, pero si se le somete a un grado de deterioro como es la fermentación anaeróbica que se realiza en el ensilaje, a esto se le agrega un mal manejo de factores endógenos como el pH, la composición nutricional y la actividad del agua también factores exógenos como la presencia de oxígeno, el tiempo de almacenamiento y la temperatura se termina favoreciendo el crecimiento de dichos mohos en el ensilaje (Alpízar, 2015).

La suplementación de rastrojos la cual tiene un 45.45% de participación en las fincas utiliza principalmente rastrojos de maíz y frijol teniendo una utilización combinada de un 53.33% de los casos, además, en un 26.67% de los casos solo utilizan el maíz como rastrojo sin ninguna otra combinación, así como también existen otras combinaciones que son dependientes de la disponibilidad de la zona. La presencia de micotoxinas en este tipo de materiales ha sido poco estudiada, pero algunos de estos estudios han reportado concentraciones desde 3,300 PPT hasta 7,000 PPT de Aflatoxinas (Reyes et al., 2016).

Otra de las opciones de suplementación en la alimentación es la utilización de granos teniendo un 18.18% de participación, y la utilización de harinas tiene un 30.30% en el total de las fincas encuestadas.

8.2.4 Comercialización

En el ámbito de la comercialización se identificó la forma de comercializar los productos obtenidos, determinando los canales de comercialización o bien los subproductos de la leche obtenidos a partir del procesamiento de la misma.

Tabla 12. Elaboración de productos de leche y su comercialización en las fincas de los municipios en estudio

Variables	Esquipulas		Chiquimula		Concepción Las Minas		TOTAL	
	Fr	%	FR		FR	%	FR	%
Fincas	12	NA	3	NA	18	NA	33	100
Comercio local como leche cruda	8	66.67	2	66.67	18	100.00	28	84.85
Elaboración de queso	10	83.33	1	33.33	3	16.67	14	42.42
Extracción de Crema	11	91.67	1	33.33	2	11.11	14	42.42
Elaboración de Requesón	1	8.33	0	-	1	5.56	2	6.06
Comercio total acopio	0	-	1	33.33	0	-	1	3.03
Comercio Parcial acopio	0	-	1	33.33	12	66.67	13	39.39

Fuente: Elaboración propia

Entre las características que resaltan en la tabla 12, se encuentra que un 84.85% de la leche de los 3 municipios es comercializada como leche cruda localmente, de la cual un 42.42% se elabora queso y el mismo porcentaje extrae crema, y nada más un 6.06% elabora requesón.

El otro canal de comercialización utilizado es la venta de la leche por medio de un acopio, en este caso se determinó que solamente el 39.39% de los ganaderos comercializan parcialmente su producción de leche con algún acopio y únicamente un ganadero indica que comercializa totalmente su leche con el acopio.

Un aspecto importante de considerar es que la mayor parte de la leche es consumida en el sector local, ya sea transformada en productos de elaborados o bien como leche fluida.

Tabla 13. Precio promedio de la leche en acopio y venta al público en los tres municipios en estudio

Variable	N	Media	D.E.	Var(n-1)	Var(n)	E.E.	CV	Min	Max	M_e
Precio										
En acopio	15	3.59	0.18	0.03	0.03	0.05	5.15	3.50	4	3.5
Al público	30	4.47	0.76	0.59	0.57	0.14	17.12	3.50	6	4

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se observa el análisis de precios, la media del precio de compra en acopio es de Q. 3.59/litro, teniendo un mínimo de Q. 3.50 y un máximo de Q. 4.00, con una diferencia de 0.88 quetzales con respecto a la venta al público, siendo este uno de los factores limitantes de este canal de comercialización debido al bajo precio de compra del acopio. Con respecto al precio público, la media es de Q4.47/ litro, con un mínimo de Q. 3.50 y un máximo de Q. 6.00 por litro.

IX. CONCLUSIONES

- Se determinó que existe presencia de AFM1 con un IC del 99.99% en un 67.65% de las fincas muestreadas en los municipios de Esquipulas, Concepción Las Minas y Chiquimula, los cuales sobrepasan el LMP establecido por el Codex Alimentarius de 50 PPT; resultados alarmantes, debido a que la detección de Aflatoxinas en leche en el departamento de Chiquimula ya ha sido evaluado con anterioridad, teniendo resultados positivos en dichas investigaciones, sin embargo es evidente que no se ha realizado ningún seguimiento o control para reducir la presencia que está afectando directamente a la población.
- Se determinó que no existe relación entre la presencia de AFM1 con respecto a la ubicación geográfica de las fincas, debido a que la contaminación estadísticamente es similar entre todos los municipios de estudio, lo cual indica que pueda existir una mayor relación de dependencia entre las variables ambientales del lugar, o bien, de las características propias de las fincas en cuanto al manejo de los alimentos ofrecidos.
- Entre las características productivas más relevantes de las fincas se encuentran: la producción promedio de litros de leche/vaca/día fue de 6.55, y un promedio de 52.82 litros de leche/día/finca, con un ordeño al día, entre 1 a 10 animales en producción, con ordeño manual y presencia del ternero, pastoreo semi-intensivo, con la suplementación de forraje de corte y suplementación de rastrojos de maíz, alimentos balanceados comerciales y ensilaje, principalmente de maíz. Se tiene problemas con la presencia de mohos en el ensilado, considerado fuente principal de micotoxinas. Con respecto a la comercialización de los productos de las fincas, principalmente se da en el medio local.

X. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la evaluación de la presencia de micotoxinas en rastrojos, ensilajes, henos y harinas utilizadas en la alimentación de las fincas para poder determinar la relación de micotoxinas consumidas y Aflatoxinas excretadas encontradas en la leche fluida de vaca.
- Realizar el estudio de la efectividad de sustancias absorbentes tales como el carbón activado, silicatos y paredes celulares de levaduras, las cuales podrían asociarse a las partículas de las micotoxinas como un complejo micotoxina-agente, durante todo el recorrido del tracto gastrointestinal del animal hasta ser excretados.
- Continuar con la determinación de la presencia o ausencia de Aflatoxina en diferentes zonas del departamento, así como también la presencia en subproductos elaborados a partir de leche contaminada con Aflatoxinas.
- Investigar sobre los controles e investigaciones realizadas dentro de instituciones como el MAGA y/o Ministerio de Salud para el control de Aflatoxinas en productos de consumo humano.
- Realizar proyectos de concientización y capacitación sobre el control de Aflatoxinas en productos pecuarios en conjunto con el Ministerio de Agricultura y Ganadería y Alimentación para la reducción de la presencia de Aflatoxinas en productos pecuarios.

XI. REFERENCIAS

Alpízar Solís, CE. 2015. Presencia de hongos y contaminación con micotoxinas en ensilajes para alimentación de rumiantes: artículo de revisión (en línea). Revista de Ciencias Veterinarias 33(1):7-31. Consultado 29 sep. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/295067831_Presencia_de_hongos_y_contaminacion_con_micotoxinas_en_ensilajes_para_alimentacion_de_rumiantes_Articulo_de_Revision

Altamirano, JR. 2019. Aflatoxinas AFM1 en leche de consumo: aspectos toxicológicos y metodológicos de evaluación pericial (en línea). Tesis Lic. Córdoba, Argentina, Universidad Nacional de Córdoba. 66 p. Consultado 29 sep. 2020. Disponible en <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/14126/Altamirano%2C%20J.%20R.%20Aflatoxinas%20AFM%20en%20leche%20de%20consumo.pdf>



Ballesteros Bahamón, AL. 2014. Evaluación de la prevalencia de aflatoxina M1 (AFM1) en la leche materna y su relación con la fuente dietaria de aflatoxinas: caso estudio, Nabón, Ecuador (en línea). Tesis M.Sc. Ibagué, Tolima, Ecuador, Universidad de Tolima, Facultad de Ingeniería Agronómica. 126 p. Consultado 3 ago. 2019. Disponible en <http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1241/1/RIUT-FFA-spa-2014-Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20prevalencia%20de%20aflatoxina%20m1%20%208afm1%29%20en%20la%20leche%20materna%20y%20su%20relaci%C3%B3n%20con%20la%20fuente%20dietar%C3%ADa%20de%20aflatoxinas.pdf>

Barahona-Salguero, GA. 2012. Determinación de la incidencia de aflatoxina M1 en leche fluida de vaca en los expendios de la ciudad de Chiquimula (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC, CUNORI. 71 p. Consultado 3 ago. 2019. Disponible en https://hksoluciones.sfo2.digitaloceanspaces.com/hksoluciones/tesisusac/libros/DETERMINACI%C3%93N_DE_LA_INCIDENCIA_DE_AFLATOXINA_.pdf?X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=EDVVKX7GE6M4PQ6FC2BS%2F20210923%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20210923T220437Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=8b6826afc08fc081ad677db26c7bc9b90003170e0635aff2e9da6a1a8e4d8426

Battacone, G; Nudda, A; Cannas, A; Borlino, AC; Bomboi, G; Pulina, G. 2003. Excretion of aflatoxin M1 in milk of dairy ewes treated with different doses of aflatoxin B1 (en línea). *Journal of Dairy Science* 86(issue 8):2667–2675. Consultado 3 ago. 2019. Disponible en [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(03\)73862-4/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(03)73862-4/fulltext) DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73862-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73862-4).



Bermúdez Valle, RA. 2011. Determinación de la presencia de aflatoxina M1 en leche cruda proveniente de explotaciones lecheras asociadas a COOPROLECHE en la región de la costa sur de Guatemala (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 46 p. Consultado 17 feb. 2019. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8049/1/Tesis%20Lic%20Zoot%20Rodrigo%20Bermudez%20Valle%20Final.pdf>

Combita Prieto, A; Mildenberg Ortiz, S. 2009. Detección de aflatoxina M1 en leches frescas comercializadas en la zona del valle del cauca (Colombia) mediante la técnica de Elisa (en línea). Tesis Lic. Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana. 111 p. Consultado 1 jun. 2019 Disponible en https://www.academia.edu/4921395/DETECCI%C3%93N_DE_AFLATOXINA_M_1_EN_LECHES_FRESCAS_COMERCIALIZADAS_EN_LA_ZONA_DEL_VALLE_DEL_CAUCA_COLOMBIA_MEDIANTE_LA_T%C3%89CNICA_DE_ELISA

Harwood, J; Wilkin, D. 2016. Usos humanos de los hongos (en línea, sitio web). Estados Unidos, CK-12 Foundation. Consultado 1 jun. 2019. Disponible en <https://www.ck12.org/book/CK-12-Conceptos-de-Ciencias-de-la-Vida-Grados-6-8-en-Español/section/6.12/>.

IARC (International Agency for Research on Cancer). 2012. Aflatoxins (en línea, sitio web). Lyon, Francia. Consultado 18 feb. 2019. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304413/>



IARC (International Agency for Research on Cancer). 2018. Agents classified by the IARC monographs, volumes 1–129 (en línea). Francia, OMS. Consultado 18 feb. 2019. Disponible en <https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/>.

INE (Instituto Nacional de Estadística). 2005. IV censo nacional agropecuario: número de fincas censales, existencia animal, producción pecuaria y características complementarias de la finca censal y del productor(a) agropecuario (en línea). Guatemala, INE/MAGA. v. 4, 365 p. Consultado 18 feb. 2019. Disponible en https://abedregal.files.wordpress.com/2008/10/tomo_iv1.pdf

Maldonado-Morales, MS. 2014. Determinación del contenido de Aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 en maíz almacenado en cinco empresas importadoras; diagnóstico y servicios realizados en el departamento de inocuidad de productos de origen vegetal de la dirección de inocuidad de alimentos del viceministro agropecuario y regulaciones del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación -MAGA- (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 123 p. Consultado 17 feb. 2019. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2908.pdf

National Center for Biotechnology Information. 2021. PubChem compound summary for CID 15558498, aflatoxin M1 (en línea, sitio web) PubChem. Consultado 16 jun. 2019. Disponible en <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Aflatoxin-M1>.

Parada N, R. 1988. Micotoxinas y micotoxicosis del ganado (en línea). Monografías de Medicina Veterinaria 10(1). Consultado 19 jun. 2019. Disponible en https://web.uchile.cl/vignette/monografiasveterinaria/monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_completa/0,1421,SCID%253D8254%2526ISID%253D426,00.html.



Peraica, M; Radic, B; Lucic, A; Pavlovic, M. 1999. Efectos tóxicos de las micotoxinas en el ser humano (en línea). Bulletin of the World Health Organization 77(9):754–766. Consultado 19 jun. 2019. Disponible en http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/57586/1/RA_2000_2_80-92_spa.pdf.

Pérez, J; Gutiérrez, R; Vega, S; Díaz, G; Urbán, G; Coronado, M; Escobar, A. 2008. Ocurrencia de aflatoxina M1 en leches cruda, ultra pasteurizada y orgánica producidas y comercializadas en el Altiplano Mexicano (en línea). Revista de Salud Animal 30(2):103-19. Consultado 17 feb. 2019. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2008000200006

Pinto-España, JR. 2012. Incidencia de aflatoxina M1 en leche fluida de vaca en los expendios del municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula. Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 64 p. Consultado 17 feb. 2019. Disponible en https://hksoluciones.sfo2.digitaloceanspaces.com/hksoluciones/tesisusac/libros/AFLATOXINA_M1_EN_LECHE_2012_-_JR_PINTO.pdf?X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=EDVVKX7GE6M4PQ6FC2BS%2F20210924%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20210924T182528Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=df574a0e1b15ae20422aa98d185c33b5cd3d071c5526fe298d98dfe13199b885

Patricio, S; Pereyra, C.; González, ML; Cavaglieri, L; Dalcerro, A. 2016. Aflatoxinas, deoxinivalenol y zearalenona en rastrojo de maíz cosechado en Tepatitlán, Jalisco (en línea). Revista Bio Ciencias 4(1):3-14. Consultado 29 sep. 2020. Disponible en <http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/197>

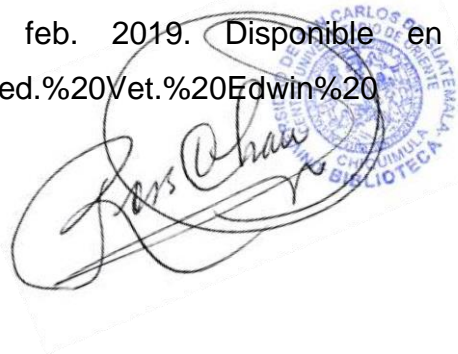


Rojas-Contreras, OL; Wilches Flórez, AM. 2009. Determinación de aflatoxinas en alimentos de mayor consumo infantil comercializados en la ciudad de Pamplona, norte de Santander (en línea). Revista Bistua de la Facultad de Ciencias Básicas 7(1):108-116. Consultado 17 jun. 2019. Disponible en http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/publicaciones/bistua_revista_ciencias_basica/2009/23022010/art_15.pdf.

Salazar Juárez, LF. 2008. Determinación de la presencia de aflatoxinas en granos de maíz (*Zea mays*) producidos en Petén y distribuidos en la Central de Mayoreo de la ciudad capital, y elaboración de un Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC) (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 83 p. Consultado 17 feb. 2019. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2684.pdf

Soriano del Castillo, JM. 2015. Micotoxinas en alimentos (en línea). España, Ediciones Díaz de Santos. 419 p. Consultado 1 jun. 2019. Disponible en <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wuZvCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR23&dq=micotoxinas&ots=HClwsW31c8&sig=2Wddg33xXpgMPapBUh8P9cBrnBQ#v=onepage&q=micotoxinas&f=false>.

Vela Morales, EM. 2015. Determinación de la presencia de aflatoxina M1 en leche cruda de vaca distribuida en un centro de acopio ubicado en la región de la costa sur de Guatemala 2015 (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 85 p. Consultado 17 feb. 2019. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5760/1/Tesis%20Med.%20Vet.%20Edwin%20Manolo%20Adolfo%20Vela%20Morales.pdf>



XII. APÉNDICES

Figura A1: Encuesta para la determinación de las características de inclusión

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Centro Universitario de Oriente
 Carrera de Zootecnia








Entrevista propietarios de lecherías para el proyecto de investigación "Determinación de aflatoxinas 1 en leche fluida de vaca, en los municipios de Concepción las minas, Esquipulas y Chiquimula del departamento de Chiquimula."



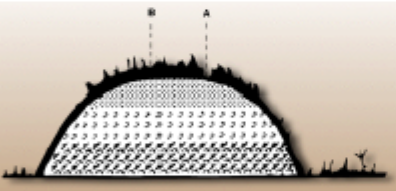
Datos Generales			
Municipio		Aldea	
Nombre de finca		Propietario	
Altitud		Latitud	

Inventario Animal	
Vacas en Ordeño (animales en producción)	
Vacas Preñadas (animales en gestación o cargadas)	
Vacas Secas (Animales en descanso, sin producción)	
Toros (mayores de 12 meses de edad, destinados para reproducción)	
Novill@s (mayor de 12 meses de edad, primerizas)	
Terner@s (Menos de 12 meses de edad)	
Raza	

Producción de Leche		
Tipo de ordeño		
Manual con ternero	Si ()	No ()
Manual sin ternero	Si ()	No ()
Mecánico con ternero (máquina de ordeño)	Si ()	No ()
Mecánico sin ternero	Si ()	No ()
Número de ordeños al día		
Promedio de leche/vaca/día		
Cantidad total de leche diaria		

TIPO DE PASTOREO (MARCAR CON "X")		
Extensivo () Grandes extensiones de terreno, poca carga animal, poca o ninguna rotación de potreros, sin suplementación de Alimentos balanceados.	Intensivo () Potreros definidos, alta rotación en potreros, alta carga animal y alta suplementación de Alimentos balanceados.	Semi-intensivo () Alimentación basada en pastoreo y suplemento de Alimentos balanceados, sistema intermedio entre intensivo y extensivo.
Carga animal para pastoreo	Animales/Mz	
Area total para pastoreo	Mz	
Número de potreros		
TIPO DE PASTO(Nombre)		
TIEMPO DE PASTOREO EN HORAS (MARCAN CON "X")		
1 - 4	4 - 8	> 8
FORRAJE DE CORTE		
NOMBRE	VERANO	INVERNO
Maíz forrajero 		
Napier 		

Sorgo forrajero		
		
Caña de azúcar		
		
Rastrojos		
		
OTRO _____		
AREA DESTINADA PARA FORRAJE DE CORTE	MZ	
CANTIDAD DE ALIMENTO SUMISTRADA/ANIMAL	LB/ANIMAL	

ENSILAJE		
Utiliza ensilaje	SI	NO
Cantidad de Silo/vaca/día		Libras
Tiempo de Conservación		Días
TIPO DE SILO (MARQUE CON UNA "X")		
Silo bolsa 		
Silo de trinchera 		
Silo de tamal 		
Otro:		
MATERIALES		
Maíz		
Sorgo		
Napier Verde o Morado		
Caña de azúcar		
Otro:		
ADITIVOS NO NUTRICIONALES		
Inoculantes de bacterias benéficas		
Inhibidores de hongos		
Secuestrantes		
Ninguno		
Otro:		

Anomalías en el Silo		
Presencia de mohos		
Malos olores		
Pudriciones		
Exudados		
Otro:		
¿Realiza algún control sobre la presencia de micotoxinas en su silo?	Si	No
¿Conocer usted sobre las Aflatoxinas en la leche?	Si	No
¿Sabe sobre los efectos nocivos de las aflatoxinas?	Si	No
¿Conoce métodos para prevenir la presencia de aflatoxinas?	Si	No
¿Aplica algunos métodos de prevención?	Si	No
¿Cuales?		

Utiliza Suplemento Alimenticio				
Verano		Inverno		
Balanceado Comercial		Balanceado Formula Propia		
Que usa en Formula	Maíz		Maicillo	
	Cebada		Núcleo	
	Otro			
Cuanto Suministra Vaca/día	Verano	Lb.	Inverno	Lb.
Costo Quintal	Verano	Q	Inverno	Q
%Relación Forraje/Concentrado	Forraje %		Concentrado %	
Inverno	Verano			
SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES				
Melaza	Coquillo	Palmiste	Cebada	Otro
Cuanto Suministra Vaca/día			LB.	
Costo			Q.	

Alimentación					
			Verano		Invierno
A. Forraje verde de corte y Alimentos balanceados					
B. Heno y Alimento balanceado					
C. Ensilaje y Alimento Balanceado					
D. Solo Heno					
E. Solo ensilaje					
F. Solo Grano					
G. Solo Forraje verde de corte					
H. Solo Forraje de pastoreo					
I. Pastoreo					
J. Solo alimento Balanceado					
Rastrojos					
Verano			Invierno		
Milpa		Frijol		Manía	Maicillo
Granos					
Verano			Invierno		
Maíz		Maicillo		Otros	
Harinas					
Verano			Invierno		
Maíz		Soya		Maicillo	Arroz
Cuanto suministra vaca/día	Verano			Invierno	

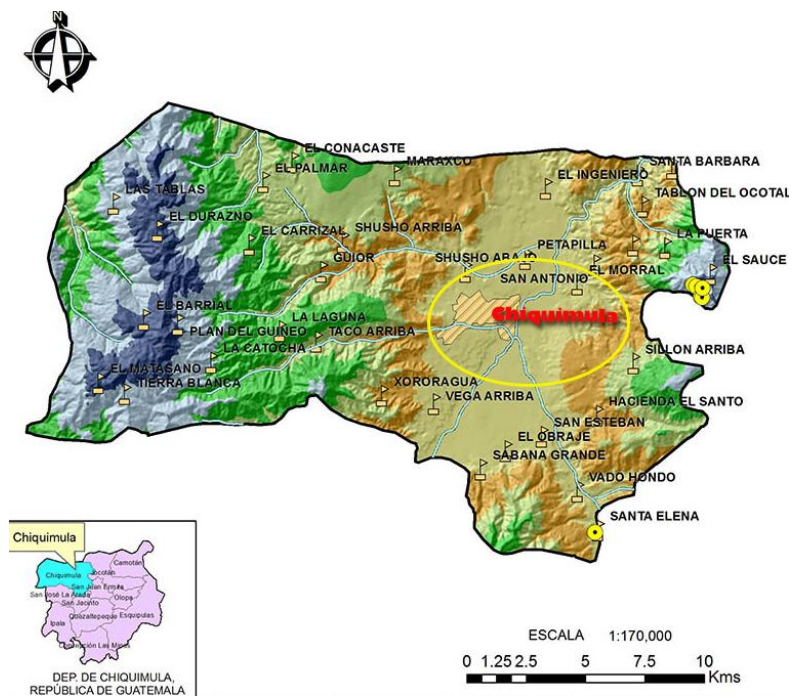
COMERCIALIZACION		
¿Para la comercialización de su leche utiliza alguno de los siguientes canales?		
Comercio local como leche cruda	Si	No
Elaboración de Queso	Si	No
Extracción de crema	Si	No
Elaboración de requesón	Si	No
Elaboración de otros productos como:		
Comercialización de la totalidad de la leche a través de acopios	Si	No
Nombre:		
Precio de compra de leche en acopios	Q. _____	
Precio Publico de la leche al Publico	Q. _____	

Figura A2: Municipios muestreados del departamento de Chiquimula



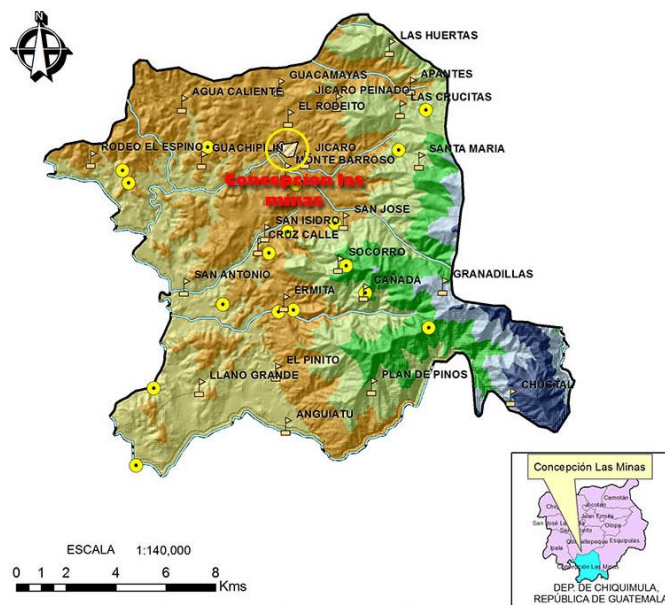
Fuente: Elaboración Propia

Figura A3: Lugar de muestreo del municipio de Chiquimula



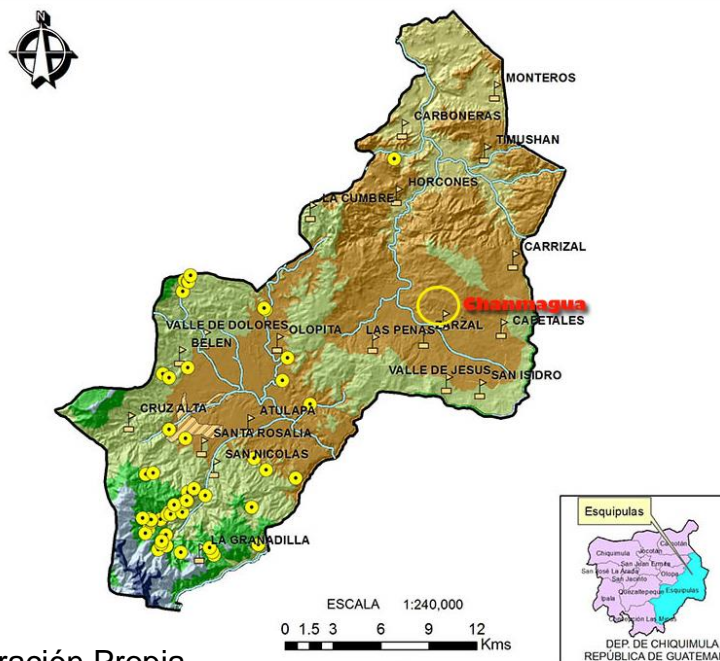
Fuente: Elaboración Propia

Figura A4: Lugar de muestreo del municipio de Concepción Las Minas



Fuente: Elaboración Propia

Figura A5: Lugar de muestreo del municipio de Esquipulas



Fuente: Elaboración Propia

Tabla A1. Prueba de Wilcoxon sobre variable presencia de AFM1 PPT

Variable	Grupo 2	N(1)	N(2)	Media 1	Media 2	DE (1)	DE(2)	W	P(2 colas)
Aflatoxina	M1	34	34	138.75	50	189.28	0	1479	0.0001

Fuente: Elaboración Propia

Tabla A2. Resultados frecuencias ordeños por día en las fincas de los municipios en estudio

Variable	N	Media	D.E.	Var(n- 1)	Var(n)	E.E.	CV	Min	Max	M _e
Ordeños por día	33	1.06	0.25	0.06	0.06	0.04	23.15	1	2	1

Fuente: Elaboración Propia