

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA



ANÁLISIS DE MICOTOXINAS EN GRANOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.)
PRODUCIDOS Y CONSUMIDOS POR LAS FAMILIAS DE CUATRO MUNICIPIOS
DE LA REGIÓN CH'ORTÍ, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2017.

EDGAR HUGO RODAS ESPAÑA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

ANÁLISIS DE MICOTOXINAS EN GRANOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.)
PRODUCIDOS Y CONSUMIDOS POR LAS FAMILIAS DE CUATRO MUNICIPIOS
DE LA REGIÓN CH'ORTÍ, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2017.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

EDGAR HUGO RODAS ESPAÑA

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE 2018

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



RECTOR
M.Sc. Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

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. Evelin Dee Dee Sumalé Arenas
Representante de Estudiantes:	P.C. Diana Laura Guzmán Moscoso
Representante de Estudiantes:	M.E.P. José Roberto Martínez Lemus
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M. A. Edwin Rolando Rivera Roque
Coordinador de Carrera:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda
M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso

TERNA EVALUADORA

Licda. Lourdes Olivet España
Ing. Agr. José Ángel Urzúa Duarte
Ing. Agr. Edgar Antonio García Zeceña

Guatemala, Octubre de 2018

Señores:
Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Ciudad Chiquimula

Honorable Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: **“ANÁLISIS DE MICOTOXINAS EN GRANOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PRODUCIDOS Y CONSUMIDOS POR LAS FAMILIAS DE CUATRO MUNICIPIOS DE LA REGIÓN CH’ORTÍ, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2017.”**, como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el grado académico de Licenciado.

En espera que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in dark ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke at the end, identifying the signatory as Edgar Hugo Rodas España.

Edgar Hugo Rodas España

REF-PTG- SDVM-04-2018
Chiquimula, octubre de 2018

Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

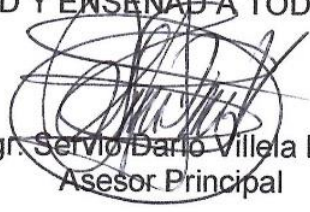
Respetable Ingeniero Coy:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación - PTG- de la Carrera de Agronomía, para asesorar al estudiante, EDGAR HUGO RODAS ESPAÑA carné: 201140569, en el trabajo de investigación denominado: **ANÁLISIS DE MICOTOXINAS EN GRANOS DE MAÍZ *Zea mays* L., PRODUCIDOS Y CONSUMIDOS POR LAS FAMILIAS DE CUATRO MUNICIPIOS DE LA REGIÓN CH'ORTI, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2017**, tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomiendo la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"



Ing. Agr. Sergio Darío Vilela Morataya
Asesor Principal



cc. Archivo

D-TG-A-179/2018

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **EDGAR HUGO RODAS ESPAÑA** titulado “**ANÁLISIS DE MICOTOXINAS EN GRANOS DE MAÍZ (*Zea mays L.*) PRODUCIDOS Y CONSUMIDOS POR LAS FAMILIAS DE CUATRO MUNICIPIOS DE LA REGIÓN CH’ORTÍ, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2017**”, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera Agronomía. 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 **INGENIERO AGRÓNOMO**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a diecinueve de noviembre de dos mil dieciocho.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordon
DIRECTOR
CUNORI – USAC



ACTO QUE DEDICO

A DIOS:

Por darme el don de la vida, disfrutando de todas sus bendiciones y recibiendo la sabiduría para llegar hasta donde me encuentro ahora, por ser mi fiel compañía y darme las fuerzas necesarias cuando más las necesité, para él la Honra y Gloria por siempre.

A MIS PADRES:

Edgar Hugo Rodas Mansilla y Ruth Marina del Transito España Escobar, por haberme dado la vida y ese amor incondicional, siendo mi mayor tesoro, apoyándome en todas mis decisiones, brindándome su sabiduría y entendimiento, orientándome siempre por el mejor camino. Los amo

A MI HERMANO:

Juan Pablo Rodas España, por el apoyo incondicional que siempre me has brindado en todo momento, por la fortaleza y los consejos, por acompañarme en los buenos y los malos momentos, siendo un ejemplo para mí, esperando poder ser un buen ejemplo para vos.

A MIS FAMILIARES EN GENERAL:

Por estar siempre pendiente de mí, sus palabras y consejos, me comprometieron a no dejarme vencer y esforzarme por lograr mis metas, este triunfo también es de ustedes.

A MIS AMIGOS:

Por compartir momentos inolvidables dentro y fuera de la universidad conmigo, espero ser un ejemplo también para ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Universitario de Oriente "USAC-CUNORI"

Por haberme abierto las puertas y darme la oportunidad de adquirir y formar nuevos conocimientos para mi formación como profesional y permitirme ser parte del selecto grupo de estudiantes que con mucho esfuerzo y sacrificio salen victoriosos de esta casa de estudios.

Al Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria

Por apoyar técnicamente y financiar económicamente esta investigación.

A la carrera de Agronomía

Por la formación académica durante todos estos años proporcionándome las herramientas y conocimientos necesarios para mi vida profesional.

A mis catedráticos

Por transmitirme sus conocimientos y enseñanzas como parte fundamental en mi crecimiento profesional.

A mis evaluadores

Licda. Lourdes Olivet España, Ing. Agr. José Ángel Urzúa Duarte, Ing. Agr. Edgar Antonio García Zeceña por haberme guiado en mi investigación.

A mi asesor de Trabajo de Graduación

Ing. Agr. Servio Darío Villela Morataya por creer en mí, apoyándome durante el proceso de esta investigación estando siempre a disposición.

A mi coordinador de Trabajo de Graduación

M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda por su colaboración en la elaboración del presente documento.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÀGINA
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO CONCEPTUAL	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Justificación	4
2.3 Definición y delimitación del problema	5
3. MARCO TEÓRICO	8
3.1 El cultivo de maíz	8
3.1.1 Manejo post-cosecha en el cultivo de Maíz	8
3.1.2 Factores importantes para almacenar grano	10
3.1.3 Tipos de almacenamiento	11
3.2 Micotoxinas	12
3.2.1 Clasificación	13
3.2.2 Factores que interfieren en la producción de micotoxinas	23
3.2.3 Efectos de las micotoxinas en la salud animal	25
3.2.4 Naturaleza de las micotoxinas	26
3.2.5 Factores que tienen influencia sobre la toxicidad de las micotoxinas	26
3.3 Micotoxinas y las malformaciones congénitas en Guatemala	27
4. MARCO REFERENCIAL	32
4.1 Ubicación, extensión, colindancias y población del municipio de Camotán	32
4.2 Ubicación, extensión, colindancias y población del municipio de Jocotán	32
4.3 Ubicación, extensión, colindancias y población del municipio de Olopa	33
4.4 Ubicación, extensión, colindancias y población del municipio de San Juan Ermita	35
5. MARCO METODOLÓGICO	36

5.1	Objetivos	36
5.1.1	General	36
5.1.2	Específico	36
5.2	Hipótesis	36
5.3	Diseño de la investigación	37
5.3.1	Población de estudio	37
5.3.2	Muestra de estudio	37
5.3.3	Recolección y procesamiento de datos	39
5.3.4	Procesamiento de los datos y manejo de las muestras	41
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
6.1	Selección de agricultores	43
6.2	Caracterización del sistema productivo del cultivo de maíz	43
6.2.1.	Producción	45
6.2.2.	Manejo postcosecha	46
6.2.3.	Almacenamiento del grano de maíz	47
6.2.4.	Presencia de plagas y enfermedades en postcosecha	48
6.2.5.	Caracterización del proceso de nixtamalización	49
6.3.	Presencia de micotoxinas en muestras de grano de maíz	50
6.4.	Niveles de micotoxinas presentes en la producción, almacenamiento y consumo de maíz	63
6.5.	Discusión de resultados	65
7.	LINEAMIENTOS GENERALES PARA MINIMIZAR EL EFECTO DE LAS MICOTOXINAS SOBRE LA SALUD DE LAS FAMILIAS.	70
7.1.	Prevención en la producción a campo	70
7.2.	Prevención durante la cosecha	72
7.3.	Prevención durante el almacenamiento	73
7.4.	Prevención durante el consumo	75
8.	CONCLUSIONES	76
9.	RECOMENDACIONES	78
10.	BIBLIOGRAFÍA	79
11.	ANEXOS	88

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Mohos y micotoxinas de importancia mundial	22
2. Afecciones en el hombre provocadas por la entrada de micotoxinas.	24
3. Micotoxinas identificadas en los ingredientes alimenticios	25
4. Procedencia de los pacientes con malformaciones congénitas.	29
5. Número de productores de granos básicos por municipio, del departamento	37
6. Aspectos de manejo de producción del cultivo de maíz (Z. mays L.) en los municipios de Jocotán, Camotán, Olopa y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.	44
7. Presencia de plaga y de hongo en el grano de maíz (Z. mays L.) establecidos en el campo, en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala 2018.	49
8. Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (Z. mays L.) en etapa de tapisca en el municipio de Jocotán, Chiquimula, Guatemala, 2018.	51
9. Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (Z. mays L.) en etapa de tapisca en el municipio de Camotán, Chiquimula, Guatemala, 2018.	52
10. Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (Z. mays L.) en etapa de tapisca en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.	53
11. Datos mínimos, medios y máximos de micotoxinas en muestras de maíz (Z. mays L.) en etapa de tapisca en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.	54

12.	Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (Z. mays L.) en etapa de almacenamiento en el municipio de Jocotán, Chiquimula, Guatemala, 2018.	55
13.	Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (Z. mays L.) en etapa de almacenamiento en el municipio de Camotán, Chiquimula, Guatemala, 2018.	56
14.	Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (Z. mays L.) en etapa de almacenamiento en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.	57
15.	Datos mínimos, medios y máximos de micotoxinas en muestras de maíz (Z. mays L.) en etapa de almacenamiento en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.	58
16.	Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (Z. mays L.) en etapa de consumo en el municipio de Jocotán, Chiquimula, Guatemala, 2018.	59
17.	Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (Z. mays L.) en etapa de consumo en el municipio de Camotán, Chiquimula, Guatemala, 2018.	60
18.	Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (Z. mays L.) en etapa de consumo en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.	61
19.	Datos mínimos, medios y máximos de micotoxinas en muestras de maíz (Z. mays L.) en etapa de consumo en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.	63
20.	Resultados de la prueba T utilizada para comparar los niveles de Aflatoxinas en la etapa de tapisca y almacenamiento, Chiquimula, Guatemala, 2018.	66
21.	Resultados de la prueba T utilizada para comparar los niveles de Aflatoxinas en la etapa almacenamiento y consumo, Chiquimula, Guatemala, 2018.	68

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Mazorca de maíz infestada por <i>Aspergillus flavus</i> , hongo que produce Aflatoxinas.	14
2. Estructura química de los tipos principales de Aflatoxinas.	16
3. Límites a nivel mundial para la aflatoxina B1 en los alimentos.	18
4. Límites a nivel mundial para las Aflatoxinas totales en los alimentos.	18
5. Límites a nivel mundial para la aflatoxina M1 en la leche.	19
6. Determinación de la distancia y ubicación entre las submuestras en la parcela del productor.	40

RESUMEN

En la investigación se determinó cualitativa y cuantitativamente la presencia de micotoxinas (Aflatoxinas, Fumonisin, Ocratoxinas A y Deoxinivalenol) en granos de maíz producidos y consumidos en diferentes localidades de los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita del departamento de Chiquimula.

Para el análisis de la presencia de micotoxinas, las muestras de maíz tomadas en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita fueron de 25, 35 y 36 respectivamente (Olopa se descartó debido a la pérdida que tuvieron los productores en la cosecha provocada por el excesivo invierno), en total fueron tomadas 96 muestras en tres etapas (288 en total): tapisca (noviembre y diciembre), almacenamiento (febrero y marzo) y consumo (abril), asumiendo un nivel de confianza del 95%. Cada muestra de maíz estaba conformada por 10 mazorcas o bien tres libras de maíz.

En la etapa de tapisca se realizaron dos líneas de caminamiento paralelas al terreno, con el propósito de obtener una muestra homogénea. En la segunda etapa, las muestras se recolectaron dos o tres meses después del almacenamiento en los hogares de las familias que facilitaron la muestra en la primera y última etapa, que debía ser de maíz cocido en grano (nixtamalización), recolectando el maíz de la parte alta, media y baja de los costales o graneros.

De las 96 muestras por etapa (288 en total) tomadas en los tres municipios, el 100% resultaron positivas para las micotoxinas. Es importante mencionar que las muestras analizadas no corresponden a un muestreo sistemático, ni a un control permanente de la calidad de grano producido en la región, sino al contrario, corresponde a un muestreo puntual tomado de la producción de grano durante el año 2017.

De la producción total de maíz se obtuvo que el 70.83% de los productores destina la totalidad de su producción para el consumo familiar y el 29.17% para la venta y consumo, esto es de suma importancia debido a que los resultados del estudio muestran que el 100% de las muestras tomadas estaban contaminadas con Aflatoxinas, Ocratoxinas, Fumonisin y Deoxinivalenol.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz constituye una de las principales fuentes de alimentación básica para la población guatemalteca. Aporta aproximadamente 45% de las calorías de la dieta diaria per-cápita y su cultivo ocupa en importancia el primer lugar entre los granos básicos. Entre otros usos también es de importancia en la alimentación animal, para la elaboración de concentrados y para la extracción de aceite, que es de excelente calidad (Torres O.R. 2013).

Tomando en cuenta la importancia que tiene el maíz en la dieta alimenticia y la susceptibilidad que tiene para contaminarse, es necesario realizar un análisis para determinar la presencia de micotoxinas. Las micotoxinas son metabolitos fúngicos cuya ingestión, inhalación o absorción cutánea reduce la actividad, hace enfermar o causa la muerte de animales (sin excluir aves) y personas.

Se considera que alrededor del 25% de las cosechas anuales están contaminadas con algún tipo de micotoxinas y que esos valores pueden ser aún mayores, del orden del 80% e incluso hasta del 100%, y corresponden a aquellas regiones cuyos cultivos estuvieron sometidos a condiciones de estrés hídrico, ataque de insectos o fueron cosechados y/o almacenados en condiciones inapropiadas (Romagnoli M.S. 2009).

Los principales hongos productores de micotoxinas corresponden a los géneros ***Aspergillus***, ***Penicillium*** y ***Fusarium***. Cada uno de estos géneros puede generar diferentes tipos de micotoxinas que se desarrollan en los productos agrícolas tales como granos, harinas, alimentos procesados, etc. En los últimos años se ha tomado consciencia del impacto social y económico que representan los efectos nocivos de estas toxinas.

Actualmente se han descrito alrededor de 400 micotoxinas y solo unas pocas reciben atención especial por su amenaza para la salud animal o humana. Las

principales micotoxinas son: Aflatoxinas, Ocratoxinas, Tricotecenos, Fumonisin, Zearalenona y Alcaloides Ergóticos (Gómez Grijalva L.A. 2009).

Las Aflatoxinas, por ejemplo, son producidas por algunas especies y cepas de hongos del género ***Aspergillus***. Este hongo puede invadir alimentos como nueces (***Carya illinoensis***) y cacahuates (***Arachis hypogaea***). El hongo *Aspergillus flavus* también puede afectar al cultivo del maíz, entrando por los estigmas o por heridas causadas por insectos, formando un micelio (moho) de color verde-oliva.

La importancia que representa el maíz para los productores de la región Ch'orti dentro de los granos básicos es indudable, desde distintos puntos de vista, por tener altas implicaciones en el contexto agro-socioeconómico, principalmente para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional en los hogares.

Es por ello que en la presente investigación se realizó un muestreo de los granos de maíz cosechado, almacenado y de consumo, con el fin de evaluar la cantidad de micotoxinas que el agricultor y su familia están ingiriendo en su alimentación, sin darse cuenta de las consecuencias que provocan dichas toxinas.

Para la recolección de muestras se procedió a visitar a 96 productores de maíz seleccionados para las tres etapas (cosecha, almacenamiento y consumo) a través de un muestreo aleatorio simple sin reposición, según marco lista de productores de granos básicos, proporcionados por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA-, de Chiquimula y Zacapa.

De las 96 muestras por etapa (288 en total) tomadas en los tres municipios, el 100% resultaron positivas para las micotoxinas. Los resultados demuestran también que la nixtamalización reduce considerablemente los niveles de micotoxinas, principalmente Aflatoxinas.

Es importante mencionar que las muestras analizadas no corresponden a un muestreo sistemático, ni a un control permanente de la calidad de grano producido en la región, sino al contrario, corresponde a un muestreo puntual tomado de la producción de grano durante el año 2017.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los alimentos básicos más importantes que conoce el ser humano ya que en torno a él se pueden realizar gran cantidad de preparaciones, así como también pueden obtenerse de él numerosos productos derivados (por ejemplo, harinas, aceites, etc.). Subsecuentemente, el maíz es altamente utilizado como alimento de gran parte de los ganados que luego son consumidos o utilizados como productores de alimento, por lo cual su importancia es enorme.

Las espigas y los granos de maíz son atacados por hongos causantes de varios tipos de podredumbres. En el proceso de invasión de los tejidos del grano, algunos de estos hongos producen sustancias contaminantes conocidas como Micotoxinas que son compuestos orgánicos biológicamente activos causando intoxicaciones agudas, subagudas o crónicas (Presello D.A, Fernández M, Juliana Iglesias J, Fauguel C.M, Giomi G. s.f.).

La contaminación del grano con micotoxinas puede ocurrir a campo, a cosecha, en el secado o durante el almacenamiento y son de difícil eliminación luego de ocurrida la contaminación. Cuando estas toxinas son ingeridas o inhaladas en determinadas concentraciones por los animales o por el hombre producen un cuadro clínico-patológico conocido como Micotoxicosis.

El cual está asociado a alteraciones como: reacciones alérgicas, inmunosupresión, cuadros nerviosos y hemorrágicos, disminución de la eficiencia productiva y reproductiva, deficiencias metabólicas y bioquímicas, enfermedades autoinmunes, alteraciones genéticas, teratogénesis, carcinogénesis y hasta la muerte.

La FAO estima una pérdida anual de un billón de toneladas de alimentos y productos debidas a estos contaminantes. Las cuatro micotoxinas más relevantes en el grano de maíz son: Fumonisin, Aflatoxinas, Deoxinivalenol y Zearalenona.

Luis Enrique Monterroso, Secretario de Seguridad Alimentaria y Nutricional, indicó que el estudio “Cuellos de botella”, efectuado por esa entidad y organismos internacionales para identificar las barreras en el combate de la desnutrición crónica, reveló que en Comitancillo, San Marcos, el nivel de exposición a la Aflatoxina es de 6 mil 641 partes por billón (ppb), y el estándar recomendado es de 20 partes por billón (ppb) (Orozco A. 2014).

2.2 Justificación

En América Latina, los granos constituyen un componente básico en la dieta alimentaria de la mayoría de sus habitantes. Los granos mayormente cultivados en estos países son: maíz, sorgo, frijoles, arroz y soya. Estos granos son la fuente principal de alimento de la población debido a que la mayoría de esta no tiene acceso a otros productos alimenticios (Abastida Ulloa J.A. 1999).

En Centro América, la dieta de un alto porcentaje de la población está basada en el consumo principalmente de dos granos básicos: el maíz y el frijol. El maíz en Guatemala es utilizado principalmente para la alimentación humana, la proporción destinada para alimentación animal es muy baja.

Solo 169 mil 500 productores de granos básicos del país (el 15% de los productos) saben cómo almacenar el maíz para evitar que se contamine y adquiera toxinas perjudiciales para la salud, según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). Entre esas toxinas figura la Aflatoxina, que al consumirse de manera frecuente es inhibidora del crecimiento y causa daños hepáticos (Orozco A. 2014).

Rolando Ochoa, jefe del Departamento de Almacenamiento de Alimentos, del Viceministerio de Seguridad Alimentaria y Nutricional del Maga, afirmó que entre las causas de contaminación del grano están las malas prácticas culturales, el secado retardado y la inadecuada ventilación (Orozco A. 2014).

La Aflatoxina, presente en el maíz cuando no se le ha dado buen tratamiento después de la cosecha, es una de las causas de la desnutrición crónica en el país,

ya que es un inhibidor del crecimiento, además de producir cáncer hepático y cirrosis (Orozco A. 2014).

Debido a que el agricultor para la labor de siembra, cosecha y almacenamiento del grano de maíz se basa en las costumbres y las tradiciones heredadas por sus antepasados, sin embargo, no tiene idea que el junto a su familia pueden estar consumiendo granos infectados con toxinas y que sobrepasando la dosis mínima permisible puede causar daños irreparables en sus sistemas.

Tomando en cuenta lo anterior se hace necesario realizar un análisis de la calidad del grano de maíz que se consume en el corredor seco del oriente de Guatemala, para determinar si existe contaminación por Aflatoxinas que pongan en riesgo a la población.

2.3 Definición y delimitación del problema

Las actividades agrícolas representan la ocupación más importante que se desarrolla en el sector rural del país practicando agricultura de subsistencia, con la siembra de granos básicos, en especial el maíz (***Z. mays* L.**) y el frijol (***Phaseolus vulgaris***).

Las personas pueden exponerse a las micotoxinas cuando consumen productos de plantas contaminadas; como es el caso del maíz (***Z. mays* L.**), del maní (***Arachis hypogaea***), de los cereales, etc. o cuando consumen carnes o productos lácteos de animales que comieron alimentos contaminados.

Existen hongos como ***Aspergillus***, ***Fusarium***, ***Penicillium***, entre los más importantes, que pueden colonizar los granos del maíz (***Z. mays* L.**), los cuales, bajo ciertas condiciones, pueden producir crecimientos mohosos visibles, causando un grave deterioro al grano. El daño físico en el grano no es lo más importante, sino que estos hongos son capaces de producir micotoxinas afectando a los humanos o animales que consuman los alimentos procesados de los granos contaminados.

La contaminación con micotoxinas puede ocurrir en cualquier punto de la cadena de producción, almacenamiento o industrialización. En campo, la contaminación se puede dar a medida que los granos se van formando, cuando se realiza la dobla, o cuando éstos posteriormente son almacenados o industrializados.

De esta manera los substratos que pueden estar contaminados son muy diversos: granos enteros, granos molidos, granos almacenados, harinas, pastas, salvados, germen, alimentos balanceados de uso animal, productos de panadería, etc.

Se considera que el daño producido por las micotoxinas en los seres humanos puede ser variable, desde reacciones alérgicas, inmunosupresión, cuadros nerviosos y hemorrágicos, disminución de la eficiencia productiva y reproductiva, deficiencias metabólicas y bioquímicas, enfermedades autoinmunes, alteraciones genéticas, teratogénesis, carcinogénesis y hasta la muerte.

Para la salud humana estas también representan una amenaza latente pues pueden actuar como un "asesino silencioso", ya que su consumo en dosis muy pequeñas no induce síntomas clínicos evidentes, pero con el tiempo puede traer graves consecuencias sobre la calidad y durabilidad de la vida. (Requena F, Saume E, León A. 2005).

La Organización Americana de la Agricultura y la Alimentación (FAO) estima que el 25% de los cultivos alimentarios del mundo se ven afectados por micotoxinas. De estas micotoxinas, las Aflatoxinas son el mayor problema.

El maíz (***Z. mays* L.**), el algodón (***Gossypium***) y el maní (***Arachis hypogaea***) son los cultivos que se encuentran en mayor riesgo de ser contaminados por Aflatoxinas. Los *Aspergillus* también crecen comúnmente en los frijoles (***Phaseolus vulgaris***), las nueces (***Carya illinoensis***), el arroz (***Oryza sativa***) y el trigo (***Triticum***), crecen con menos frecuencia en otros granos y frutos secos.

Es importante determinar la presencia de las micotoxinas y elaborar una estrategia o plan de manejo para evitar la contaminación de los granos, con el propósito de asegurar productos de calidad para el consumo humano y mejorar la inocuidad de

los alimentos que consumen las familias en los municipios del departamento de Chiquimula.

Para este estudio se eligieron los granos de maíz (***Z. mays* L.**) provenientes de los cuatro municipios que integran la región Ch'orti' (San Juan Ermita, Olopa, Jocotán y Camotán) del departamento de Chiquimula.

Este estudio tiene una duración de siete meses (noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo), en los cuales se recolectó maíz (***Z. mays* L.**) cosechado, almacenado y de consumo de diferentes comunidades de los cuatro municipios, con la finalidad de obtener una muestra significativa para realizar un análisis y determinar la existencia o no de micotoxinas en el grano de maíz en las tres etapas: maíz cosechado, maíz almacenado o maíz para consumo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 El cultivo de maíz

El maíz (*Z. mays* L.) forma parte del grupo de los granos básicos que constituyen la base de la dieta de la población guatemalteca por su alto contenido energético y de proteínas, cuya parte consumida es la semilla sexual. En Guatemala, las principales especies de granos básicos son el maíz (*Z. mays* L.), frijol negro (*Phaseolus vulgaris*), arroz (*Oryza sativa*) y sorgo (*Sorghum*). Estos granos revisten una importancia especial por sus implicaciones culturales, socioeconómicas y alimenticias (Fuentes López M.R. 2002).

En Guatemala, la práctica de la dobla es común, con el objeto de acelerar el secamiento del maíz (*Z. mays* L.) y como medio de almacenamiento temporal. Sin embargo, el producto es abandonado durante un tiempo en el campo, quedando expuesto a daños y pérdidas por diversos factores (Agustín Agustín C.F. 2009).

3.1.1 Manejo post-cosecha en el cultivo de Maíz

a. Dobra

Generalmente el productor dobla su maíz una vez que su follaje se ha vuelto amarillo pálido; que es cuando, ha llegado a su madurez fisiológica. Esta práctica se realiza con el fin de secar el grano, no obstante, durante este periodo se presentan muchos daños en el maíz principalmente si se deja por mucho tiempo en el campo (ANACAFE s.f.).

b. Cosecha o Tapisca

Muchos productores logran obtener cultivos de maíz agronómicamente buenos, sin embargo, otros tipos de pérdida hacen que al final su actividad no sea rentable. Una de las causas de esas pérdidas se da cuando el productor no cosecha su maíz a tiempo, dejándolo en el campo y de esta forma la planta queda expuesto al volcamiento, al daño de roedores y pájaros; las altas precipitaciones inducen a pudriciones de mazorca y germinación de la semilla.

Esto trae como consecuencia perdida por mala calidad del grano y a la vez un aumento en la concentración de micotoxinas con otros consecuentes daños que estas sustancias producen. La humedad óptima para cosecha es cuando el grano ha alcanzado entre 22 y 24% de humedad (ANACAFE s.f.).

c. Desgrane

Es una labor que se realiza luego de cosechar el maíz y puede realizarse de dos maneras, la primera y la más común es de manera manual o aporreo; esta práctica consiste en tapar con nylon el patio de la casa o corredor (para evitar que los granos se pierdan al momento de que el grano se desprende de la mazorca), luego se reúnen las mazorcas en una hamaca y se golpea de manera consecutiva la hamaca contra el suelo, esto con el propósito de separar el grano de la mazorca de una manera rápida. Por otro lado, la otra forma de desgranar el maíz, es utilizando una desgranadora mecánica, en la cual la mazorca es introducida con todo y tuza y como resultado es expulsado todo en trocitos.

d. Almacenamiento

Las construcciones adecuadas para el almacenamiento, así como el control de insectos que atacan el grano almacenado son prácticas deseables y necesarias para que el productor tenga asegurada su cosecha (ANACAFE s.f.).

Un mal almacenamiento del grano provoca pérdida de peso, calidad, capacidad alimentaria y consecuentemente reducción de ingresos. Estas razones son reales por lo que hay necesidad de familiarizarse con el secado y almacenamiento del grano, especialmente cuando se trata de pequeños productores que producen para subsistencia, aunque no menos importante es para el mediano y grande productor que almacena su maíz para venderlo después de un tiempo (ANACAFE s.f.).

3.1.2 Factores importantes para almacenar grano

El almacenamiento por la forma en que se realiza causa muchas pérdidas de maíz debido al ataque de gorgojos, roedores, así como por animales domésticos (ANACAFE s.f.).

a. Contenido de humedad

Lo más importante de un buen almacenamiento es la humedad adecuada del grano, el grano húmedo causa muchos problemas en el almacén, El grano y el aire tienen humedad, interactúan una con la otra. Si el grano de maíz está muy húmedo, parte de esa humedad se encuentra rodeando a la semilla (ANACAFE s.f.).

Para un buen almacenamiento el grano debe de encontrarse entre 12 y 14 por ciento de humedad, con una temperatura de 25 °C y 30 °C y con una humedad relativa de 70 por ciento llegando a un punto de equilibrio para establecer un buen almacenamiento (ANACAFE s.f.).

b. Temperatura

Según ANACAFE (s.f.) en un clima muy frío los insectos y hongos crecen despacio o no crecen del todo y las semillas no respiran. En lugares cálidos el grano entra caliente al almacén y a medida que la temperatura exterior aumenta la temperatura del grano almacenado se incrementa, cuando la temperatura del grano aumenta, ciertos fenómenos comienzan a suceder:

- Los insectos inician la reproducción.
- Los hongos comienzan a germinar y a multiplicarse.
- Los hongos, Insectos y semillas respiran más rápido, causando un incremento en la temperatura y en la humedad del grano almacenado, debido a la transpiración.

Estos factores explican la necesidad de mantener el grano seco y fresco. Es importante mantener los almacenes protegidos de los rayos del sol, ya que éstos calientan el depósito y este calor se extiende hacia el interior, creando condiciones favorables para el crecimiento de hongos e insectos (ANACAFE s.f.).

3.1.3 Tipos de almacenamiento

a. Troja tradicional con manejo mejorado

Con estas estructuras se deben de seleccionar las mejores mazorcas, grandes, sanas y de buena calidad. Se debe limpiar bien la troja por fuera y por dentro, así como a los alrededores; todos los residuos de la cosecha anterior hay que sacarlos, quemarlos o enterrarlos, este es el medio más efectivo para evitar el ataque de insectos. Con la quema de los residuos se evita que los gorgojos vuelen y provoquen la infestación del campo (ANACAFE s.f.).

Primeramente, se coloca sobre el piso de la troja una ligera capa de insecticida; luego la primera capa de mazorcas y después de aplicar la cantidad de insecticida recomendada y así sucesivamente hasta dejar la troja llena a la altura deseada (ANACAFE s.f.).

b. Troja mejorada con patas

Es una estructura de almacenamiento diseñada para evitar el fácil ataque de los roedores, separada fuera de la casa, elevada sobre el piso con uso preventivo de insecticidas. Consta de patas, piso, paredes y techo. Las patas que sostienen la troja deben tener una altura mínima de un metro sobre el suelo con protectores anti-ratas. Las paredes y el piso son elevados para evitar el acceso de los roedores al grano (ANACAFE s.f.).

c. Silo metálico o granero metálico

Los silos metálicos son recipientes cilíndricos fabricados de lámina de zinc lisa, engrapada y soldada con estaño; tanto la parte superior como el fondo son

planos. La parte superior tiene una abertura, con tapadera que sirve para llenar el silo. En los silos grandes, el tamaño de la abertura permite la entrada de una persona para arreglos necesarios, como limpieza y revisión de la estructura, etc., el componente cilíndrico tiene en su parte inferior una salida con tapadera que sirve para sacar granos y/o vaciar el silo (ANACAFE s.f.).

El manejo del silo metálico debe hacerse en base a los pasos siguientes:

- Limpiar el interior del silo con un trapo seco.
- Revisar bien el silo por si hay algunos agujeros.
- Reparar los daños ocasionados por el uso, como: agujeros, rotura de soldadura, corrosión de lámina (lijar, pintar. soldar).
- Colocar el recipiente sobre plataformas o tarimas de madera plana para evitar la oxidación debido al contacto con el suelo.
- Colocar el silo bajo techo para protegerlo de la lluvia y evitar la exposición al sol y por consecuencia la condensación o la sudación en el interior del silo. La condensación o sudación genera agua y esta provoca daño en el grano porque se desarrollan hongos.
- Llenar el silo con grano limpio y seco con menos de 13% de contenido de humedad
- Fumigar con pastillas de Phosthoxin o gastion (1 pastilla por cada 5 quintales de capacidad del recipiente) y sellar herméticamente las aberturas durante un mínimo de 10 días: se puede sellar con cinta adhesiva, cinta plástica de goma, cera, grasa y neumático.
- Si después de sacar el grano para consumo, se encuentran gorgojos vivos vuelva a fumigar, Si no hay uso o consumo, controlar periódicamente el estado del grano y volver a tapar herméticamente.

3.2 Micotoxinas

Los hongos son organismos eucariotes (su ADN está contenido en un núcleo). Los hongos pueden vivir a expensas de tejidos vivos de un organismo, ya que son incapaces de fabricar su propio alimento por carecer de clorofila. Al existir esta

unión, los azúcares y aminoácidos del huésped son absorbidos por los hongos, por lo que ocasionan enfermedades; o bien le causan la muerte por toxinas o la destrucción de tejidos por enzimas (Salazar Juárez L.F. 2008).

Las micotoxinas son productos resultantes del metabolismo secundario de los hongos, pueden desencadenar cuadros graves de toxicidad cuando las condiciones medioambientales son favorables para su producción, por lo que es muy importante su prevención. Las Micotoxinas más importantes desde el punto de vista agroalimentario son las Aflatoxinas, Fumonisin, Ocratoxinas A, Patoina, Tricocenteno y Zearalenona. Los géneros más frecuentes son *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* (Salazar Juárez L.F. 2008).

3.2.1 Clasificación

a. Aflatoxinas

El término "Aflatoxinas" fue acuñado a comienzos del decenio de 1960, cuando miles de pavos, patos y otros animales domésticos murieron a causa de una enfermedad (conocida como "enfermedad X de los pavos") que se atribuyó a la presencia de toxinas de *A. flavus* en harina de maní importada de Sudamérica (FAO 2003).

Los mohos productores de Aflatoxinas están muy extendidos por todo el mundo, en climas templados, subtropicales y tropicales, y pueden producir Aflatoxinas, tanto antes como después de la cosecha, en numerosos alimentos y piensos, especialmente semillas oleaginosas, nueces comestibles y cereales (FAO 2003).

Las Aflatoxinas son producidas por los hongos *Aspergillus flavus* y *parasiticus* A. Existen seis fracciones: B1, B2, G1, G2, M1 y M2, donde la B1 en condiciones naturales, es la que se encuentra en mayor proporción, siendo la más tóxica y carcinógena, el daño característico ocurre en el hígado (Salazar Juárez L.F. 2008).

Las Aflatoxinas son producidas principalmente por algunas especies de *Aspergillus* tales como *A. flavus*, *A. parasiticus* y *A. nomius*, especialmente por algunas cepas de *Aspergillus flavus* y por casi todas las de *Aspergillus parasiticus* (Salazar Juárez L.F. 2008).

Éstas son mohos toxigénicos, capaces de desarrollarse pudiendo contaminar los alimentos cuando éstos son cultivados, procesados, transformados o almacenados en condiciones adecuadas que favorezcan su desarrollo (Salazar Juárez L.F. 2008).

El crecimiento de estos mohos y la producción de toxinas dependen de muchos factores como el alimento en cuestión, su grado de acidez, la temperatura o humedad ambiental y la presencia de microflora competidora (Salazar Juárez L.F. 2008).

La composición química de las Aflatoxinas varía con las cepas, el sustrato o materia orgánica sobre el cual crece y las condiciones ambientales del crecimiento del hongo (Salazar Juárez L.F. 2008).



Fuente: Salazar Juárez L.F. 2008

Figura 1. Mazorca de maíz infestada por *Aspergillus flavus*, hongo que produce Aflatoxinas.

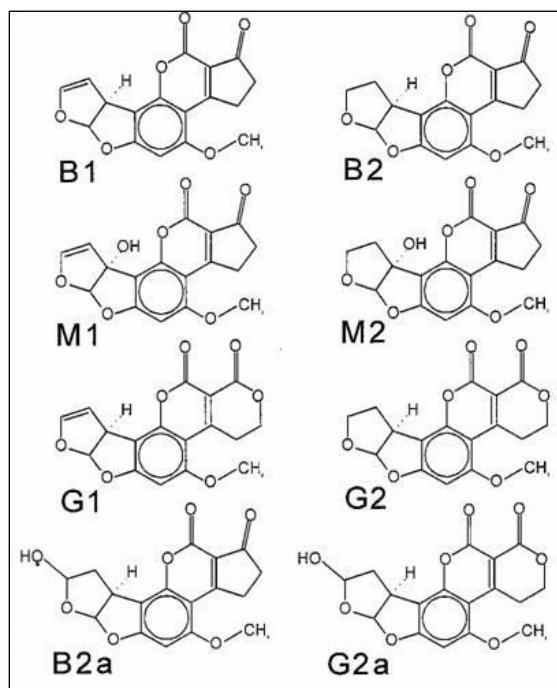
- **Clasificación**

Como se ha dicho anteriormente existen seis fracciones de Aflatoxinas: B₁, B₂, G₁, G₂, M₁ y M₂. De las cuales cuatro son las principales; conocidas como aflatoxina B₁, aflatoxina B₂, aflatoxina G₁ y aflatoxina G₂. La letra B indica que estas Aflatoxinas tienen fluorescencia azul (blue) frente a la luz ultravioleta (365 nm), mientras que la letra G indica la fluorescencia verde amarillenta (green) de las designadas así (Salazar Juárez L.F. 2008).

La aflatoxina B₁ y la aflatoxina B₂ difieren entre ellas por la presencia de un doble enlace más en la primera. Por su parte, la aflatoxina G₁ y la aflatoxina G₂ difieren entre sí en el mismo detalle estructural. Las Aflatoxinas B difieren de las Aflatoxinas G porque el anillo de furano de las primeras se convierte en un anillo de lactona en las segundas (ver figura 2). Esta transformación es fácil de realizar en el laboratorio, por tratamiento con ácido (Salazar Juárez L.F. 2008).

Las vacas que se alimentan con pienso contaminado por Aflatoxinas B, son capaces de metabolizar las Aflatoxinas, hidroxilándolas en una posición determinada. Así, a partir de la aflatoxina B₁ se forma la aflatoxina M₁, y a partir de la aflatoxina B₂ se forma la aflatoxina M₂. Estas formas hidroxiladas pueden pasar a la leche, por lo que es necesario controlar la presencia de Aflatoxinas en el pienso de los animales, no solamente por su propia salud sino también por la de los consumidores de leche (Salazar Juárez L.F. 2008).

La aflatoxina B₁ ha demostrado ser carcinógena en todos los animales en los que se ha probado. El principal órgano que daña es el hígado, aunque también pueden aparecer tumores en otros órganos (Salazar Juárez L.F. 2008).



Fuente: Salazar Juárez L.F 2008

Figura 2. Estructura química de los tipos principales de Aflatoxinas.

El grado de toxicidad y cancérogeneridad de las Aflatoxinas sigue el orden



En la especie humana, las Aflatoxinas son probablemente responsables de múltiples episodios de intoxicaciones masivas, con producción de hepatitis aguda, en distintas zonas de la India, Sudeste Asiático y África tropical y ecuatorial, y un factor de agravamiento de enfermedades producidas por la malnutrición, como el kwashiorkor (malnutrición proteica en niños). También son responsables muy probablemente, combinadas con otros factores, de la elevada tasa de cáncer hepático observado en algunas de esas zonas. Desde 1988, la OMS (Organización Mundial de la Salud) considera a la aflatoxina B₁ como un carcinógeno para el hombre (Salazar Juárez L.F. 2008).

Las Aflatoxinas resisten los tratamientos habituales de los alimentos. Solamente el tostado de los frutos secos las destruye en una pequeña

parte. Para eliminarlas son necesarios tratamientos muy drásticos, con amoníaco o hipoclorito, no utilizables con alimentos para uso humano (Salazar Juárez L.F. 2008).

- **Efectos de la contaminación por Aflatoxinas B1**

Los mayores niveles de contaminación por Aflatoxinas B1 se han registrado en semillas de algodón y maíz, cacahuetes, nueces, avellanas y otros frutos secos. En cereales como el trigo, arroz, centeno o cebada la presencia de estos tóxicos suele ser menor (Salazar Juárez L.F. 2008).

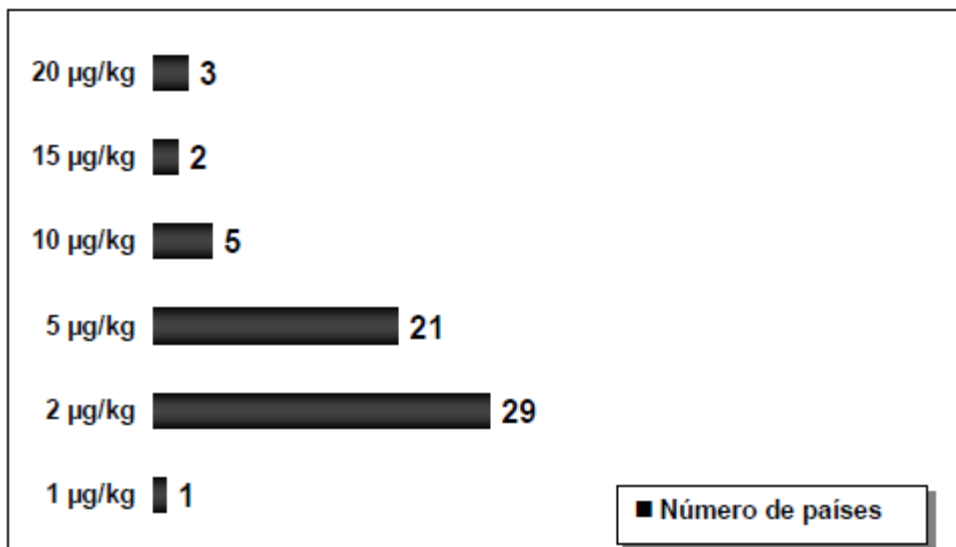
Los efectos nocivos de la intoxicación por Aflatoxinas en los animales (y presumiblemente en humanos) ha sido clasificada en dos formas generales:

- ✓ Se produce la aflatoxicosis aguda cuando se consumen niveles medios a altos de Aflatoxinas. Los efectos de esta intoxicación pueden incluir hemorragia, daño agudo del hígado, el edema, la alteración en la digestión, la absorción y/o el metabolismo de alimentos, y posiblemente la muerte (Salazar Juárez L.F. 2008).
- ✓ La aflatoxicosis crónica resulta del consumo de niveles bajos a moderados de Aflatoxinas. Los efectos son generalmente subclínicos y difíciles de reconocer. Algunos de los síntomas comunes son la deteriorada absorción de los alimentos e índices de crecimiento más lento (Salazar Juárez L.F. 2008).

- **Límites a nivel mundial para las Aflatoxinas**

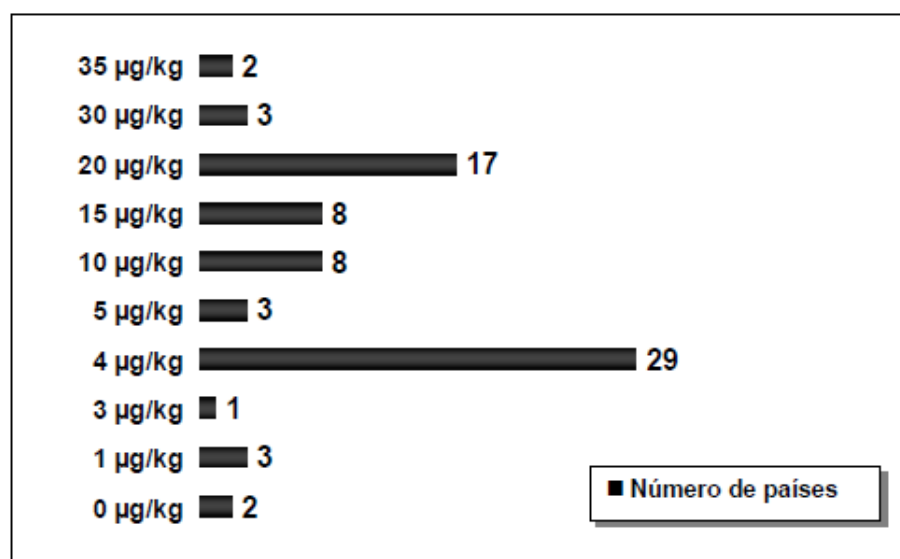
El número de países que han reglamentado las Aflatoxinas ha aumentado con los años significativamente. Los reglamentos para las Aflatoxinas son con frecuencia detallados y específicos para los alimentos, para los productos lácteos y para las raciones animales (FAO 2003).

A continuación, se muestra la dosis mínima permisible en microgramo por kilogramo ($\mu\text{g/kg}$), en el consumo de Aflatoxinas y los límites a nivel mundial que deben existir en el contenido de alimentos y lácteos en países de África, de Asia/Oceanía, de América Latina y de Europa.



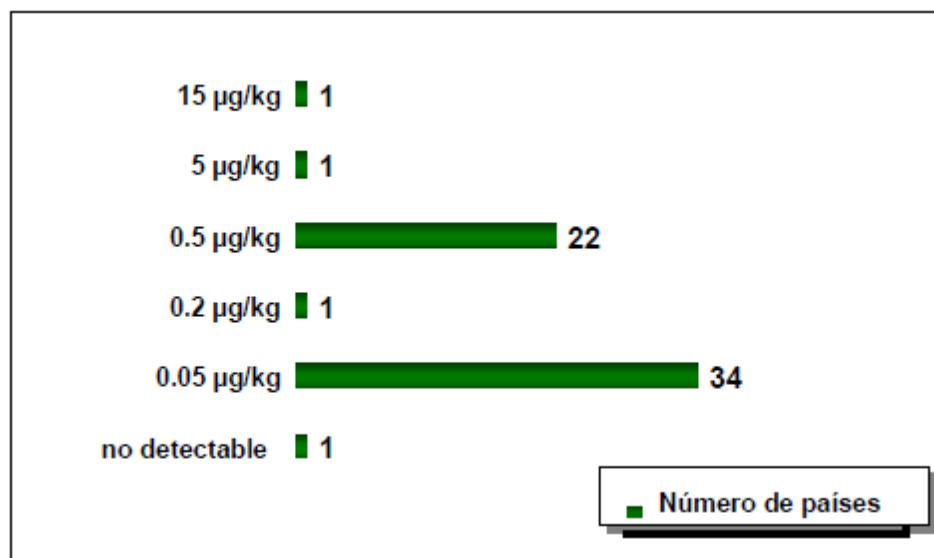
Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2003

Figura 3. Límites a nivel mundial para la aflatoxina B1 en los alimentos.



Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2003

Figura 4. Límites a nivel mundial para las Aflatoxinas totales en los alimentos.



Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2003

Figura 5. Límites a nivel mundial para la aflatoxina M1 en la leche.

- **Límites en Guatemala para micotoxinas**

Según el Acuerdo Gubernativo número 298-2015 los límites máximos permitidos para Aflatoxinas son de 20 µg/kg (0.02 mg/kg o 0.02ppm) y para Fumonisin es de 5000 µg/kg incluidas: FB1 y FB2. La Unión Europea establece para cereales no elaborados (maíz) un límite máximo de 5 µg/kg y 1750 µg/kg para Ocratoxinas A y Deoxinivalenol (vomitoxina) respectivamente (Elika, 2013).

b. Ocratoxinas

Producidas principalmente por *Penicillium viridicatum*, *P. cyclopium* y *Aspergillus ochraceous*. Son derivados del 3-4-dihidrometil-isocumarin unido con un enlace amido a un grupo amino de la l-b-fenilalanina y se designan A, B, C y D. La Ocratoxinas A (OTA) es la más común, la más toxica y relativamente estable. Las OT son neurotóxicas, nefrotóxicas, inmunotóxicas, carcinogénicas y teratogénicas. Tienen un efecto hemorrágico y congestivo. Alteran el metabolismo de los hidratos de carbono, provocando una acumulación de glucógeno en el hígado (Gómez Grijalva L.A. 2009).

c. Zearalenona

La zearalenona es una micotoxina estrogénica de distribución amplia, presente principalmente en el maíz, en bajas concentraciones, en Norteamérica, Japón y Europa. Sin embargo, pueden encontrarse concentraciones altas en países en desarrollo, especialmente donde se cultiva maíz en climas más templados, por ejemplo, en regiones de tierras altas (FAO 2003).

Fusarium graminearum produce zearalenona junto con Deoxinivalenol y se ha señalado la posible relación de ambas sustancias con brotes de micotoxicosis agudas en personas (FAO 2003).

Es la más perjudicial para los cerdos, atacando principalmente a las marranas que se encuentran en estado de gestación (Salazar Juárez L.F. 2008).

d. Tricotecenos

Producidos principalmente por *Fusarium sporotrichioides*, *F. poae*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. nivale*, *F. roseum*, *F. acuminatum*, *F. oxysporum*, *F. lateritium*, *F. rigidiusculum*, *F. episphaeria*, *F. equiseti*. Existen más de 45 tipos de TCT y los más importantes son: toxina T-2, diacetoxiscirpenol (DAS), escirpentriol (STO), nivalenol, vomitoxina (DON), monoacetoxiscirpenol (MAS) y triacetoxiscirpenol (TAS) (Gómez Grijalva L.A. 2009).

Los TCT causan ulceración, quemaduras y necrosis de tejidos como la mucosa oral y epitelio gastrointestinal. Las toxinas T-2 y DAS son las más dañinas. La mayoría está formada por un núcleo tetracíclico con doble enlace en el C-9,10 y un anillo epoxi en C-12,13. Son inmunodepresivas, afectan al sistema digestivo, nervioso, circulatorio y la piel (Gómez Grijalva L.A. 2009).

e. Fumonisin

Las Fumonisin son un grupo de micotoxinas caracterizado recientemente producidas por *F. moniliforme*, un moho presente en todo el mundo y que se encuentra con frecuencia en el maíz (IARC, 1993d). Se ha comunicado la

presencia de Fumonisin B1 en maíz (y sus productos) en diversas regiones agroclimáticas de países como los Estados Unidos, Canadá, Uruguay, Brasil, Sudáfrica, Austria, Italia y Francia. La producción de toxinas es particularmente frecuente cuando el maíz se cultiva en condiciones calurosas y secas (FAO 2003).

La actividad de agua mínima para el crecimiento de *F. moniliforme* es 0,87; el límite máximo registrado es superior a 0,99. Las temperaturas de crecimiento mínima, óptima y máxima son 2,5 a 5,0, 22,5 a 27,5 y 32,0 a 37,0°C, respectivamente. No existe información sobre las condiciones necesarias para la producción de Fumonisin B1 (FAO 2003).

Son producidas por *Alternaria*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium proliferatum* y otras especies cuando crecen en gramíneas y granos. Tienen importancia toxicológica las FB1 y FB2. Las FB3, FB4, FA1 y FA2 aparecen en concentraciones muy bajas y son menos tóxicas. Estas micotoxinas inhiben la síntesis de esfingolípidos (Gómez Grijalva L.A. 2009).

Las FB1 y FB2 se han ligado al cáncer del esófago en humanos. En animales los principales síndromes que causan son: neurotóxicos (leucoencefalomalacia); nefrotóxicos, edema pulmonar y cerebral; hepatotóxicos y lesiones cardíacas. Los órganos afectados son: cerebro, pulmón, hígado, riñón y corazón (Gómez Grijalva L.A. 2009).

Así mismo se investiga, la relación entre el consumo alto de tortillas, pues en estas se ha encontrado la micotoxina fumonicina, presente en el maíz, la cual inhibe el ácido fólico, lo que provoca deficiencias de folatos, y estos a su vez, generan anomalías en el tubo neural, sobre todo, espina bífida (González A.L. 2016).

Cuadro 1. Mohos y micotoxinas de importancia mundial

Especie de moho	Micotoxinas producidas
<i>Aspergillus parasiticus</i>	Aflatoxinas B ₁ , B ₂ , G ₁ y G ₂
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoxinas B ₁ y B ₂
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	Toxina T-2
<i>Fusarium graminearum</i>	Deoxinivalenol (o nivalenol) Zearalenona
<i>Fusarium moniliforme (F. verticillioides)</i>	Fumonisinias B ₁
<i>Penicillium verrucosum</i>	Ocratoxinas A
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Ocratoxinas A

Fuente: FAO, 2003

f. Vomitoxina o Deoxinivalenol

El Deoxinivalenol es una micotoxina producida por dos hongos del género

Fusarium:

- *Fusarium graminearum*, que prevalece en áreas templadas y húmedas de cultivo, creciendo a una temperatura óptima de 25°C y humedad relativa mayor al 88%.
- *Fusarium culmorum* en aquellas áreas con condiciones ambientales frías y húmedas, creciendo a una temperatura óptima de 21°C y humedad relativa mayor al 87%. El Deoxinivalenol se considera una típica “micotoxina de campo”, formándose principalmente en el cultivo de cereales (principalmente, trigo y maíz), aunque, también puede formarse durante la recolección, transporte, almacenamiento y secado por inadecuadas prácticas de higiene y manipulación de los cereales.

Las condiciones climáticas durante el crecimiento de la planta, en particular en el momento de la floración, tienen una gran influencia en la producción de micotoxinas por los hongos *Fusarium*. Asimismo, los daños físicos a las cosechas (por golpes, ataques de insectos, roedores, aves, etc.) favorecen la

proliferación de hongos y su consecuente producción de micotoxinas, como el Deoxinivalenol. Particularmente, el Deoxinivalenol es una micotoxina termoestable (hasta 180°C) persistiendo durante el procesamiento de los alimentos.

3.2.2 Factores que interfieren en la producción de micotoxinas

El crecimiento fúngico y la formación de micotoxinas depende de una serie de factores como humedad, temperatura, presencia de Oxígeno, tiempo para el crecimiento fúngico, constitución del sustrato, lesiones en la integridad del grano causados por insectos, el daño mecánico/térmico, cantidad de inóculo del hongo entre las cepas de hongos, así como la interacción/competición (Mallmann CA, Hummes Rauber R, Giacomini L. s.f.).

Las características genéticas representan un factor cada vez más decisivo en la solución del problema. Esta gama de factores demuestra que el control de los mismos, en el sentido de la prevención, muchas veces se vuelve muy difícil en nuestras condiciones tropicales (Mallmann CA, Hummes Rauber R, Giacomini L s.f.).

Son muchos los factores que intervienen en el proceso de proliferación fúngica y de la contaminación con micotoxinas. Entre los principales factores tenemos:

a. Factores biológicos

Son aquellas cosechas compatibles y susceptibles al desarrollo de hongos, los cuales son capaces de producir micotoxinas (Salazar Juárez LF 2008).

b. Factores físicos

Tienen influencia en el desarrollo de Micotoxinas como la humedad, temperatura (En general, la producción es máxima entre los 24° C y los 28° C, que corresponden a temperaturas ambiente tropicales) y los daños ocasionados por los insectos y pájaros (Salazar Juárez LF 2008).

c. Almacenamiento

Se deben considerar varios factores como la infraestructura, temperatura ambiental, humedad, ventilación, condensación, presencia de insectos o plagas, limpieza, tiempo de almacenaje, detección y movimiento (Salazar Juárez LF 2008).

d. Procesamiento y distribución

Procesos de removimiento de cáscaras y aceites, condiciones de humedad en el proceso de peletizado, empaque adecuado y pruebas de determinación de presencia de Micotoxinas, factor importantísimo para el adecuado control de los niveles de Micotoxinas, es el muestreo en los embarques y el análisis de las muestras, siendo los principales puntos críticos en el proceso de la recepción del grano (Salazar Juárez LF 2008).

Cuadro 2. Afecciones en el hombre provocadas por la entrada de micotoxinas.

Micotoxinas	Afecciones
Aflatoxinas B1	Inducción de cáncer hepático, se excretada por leche como aflatoxina M1, pasa al feto.
Aflatoxinas M1	Inducción de cáncer hepático, excretada en leche materna, pasa al feto.
Alcaloides del ergot	Ergotismo convulsivo, ergotismo gangrenoso necrótico.
Citroviridina	Beriberi cardiaco agudo.
Deoxinivalenol	Diarrea, náuseas, vómitos, cefalalgia, dolor abdominal, anorexia, escalofríos, convulsiones, vértigo; inmunotoxicidad.
Fumonisin	Lesiones precancerosas en esófago.
Moniliformina	Cardiopatía endémica en China.
Ocratoxinas A	Nefropatía endémica de los Balcanes, Túnez y Escandinavia; excreción por leche materna, pasa al feto; tumores en tracto urinario.
Psoralenos	Dermatitis por contacto, eritema y ampollas.
T-2 y HT-2	Aleukia toxica alimentaria: sensación de quemazón en boca y garganta; vómitos, diarrea y dolor abdominal; hemorragias; destrucción de medula osea; inmunosupresión; muerte.
Zearalenona	Cambios puberales precoces.

Fuente: Carrillo L. y Audisio M.C. 2007

3.2.3 Efectos de las micotoxinas en la salud animal

- a. **Aflatoxinas:** son responsables de brotes agudos esporádicos que afecta a diversos tejidos, incluso a la piel, los intestinos, los riñones, y representan una alta mortalidad. Son sustancias hepatotóxicas, carcinogénicas, teratogénicas y mutagénicas.
- b. **Fumonisinias:** se conoce su efecto desde hace 100 años atrás, las cuales están implicadas en variados procesos patológicos que afectan a los animales.
- c. **Ocratoxinas A:** Comprende el grupo de las Micotoxinas más estudiadas después de las Aflatoxinas por su marcado carácter nefrótico, son producidas por especies de la sección *circumdati*, género *Aspergillus*, tales como: *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus allaceus* y del género *Penicillium*: *P. vericatum*, *P. verrucosum*, *P. cyclopium*.
- d. **Flavomicinas:** Son consideradas como una nueva clase de Micotoxinas estructuralmente relacionadas, caracterizadas a partir del cultivo del maíz (*Fusarium moniliforme*). La Fumonisinias B es la responsable de la Leucoencefalomalacia equina y el Edema Pulmonar Porcino. También se ha reportado su capacidad hepatotóxica, hepatocancerígenas en ratas y estadísticamente se ha relacionado su presencia con la prevalencia del cáncer en el esófago.

Cuadro 3. Micotoxinas identificadas en los ingredientes alimenticios

Micotoxina	Hongo	Granos
Aflatoxina	<i>Aspergillus</i>	Maíz
Ocratoxinas	<i>Aspergillus</i> <i>Penicillium</i>	Maíz, Trigo y Arroz
Deoxinivalenol (DON)	<i>Fusarium</i>	Maíz, Trigo y Arroz
Zearalenona (F-11)	<i>Fusarium</i>	Maíz, Trigo
Fumonisinias	<i>Fusarium</i>	Maíz

Fuente: Salazar Juárez, L.F. 2008

3.2.4 Naturaleza de las micotoxinas

Los efectos de las micotoxinas son conocidos por el hombre desde hace muchos años. En Europa, durante la edad media, se presentaron epidemias que causaron la muerte a miles de personas. La causa de estas epidemias fue el ergotismo, micotoxicosis originada por el moho *Claviceps purpurea*. Sin embargo, es a principio de la década de los 60 cuando en Gran Bretaña ocurren una serie de eventos que llevaron al descubrimiento de las Aflatoxinas (Requena F, Saume E y León A 2005).

Para esa fecha, un brote de una rara enfermedad de etiología desconocida causó la muerte de miles de bovinos, ovinos, pollos y pavos. Por ser esta la especie en la cual se observó por primera vez la enfermedad fue denominada "Enfermedad X de los Pavos". Científicos de la época concluyeron que la causa estaba asociada al alimento, específicamente a una harina de maní importada del Brasil (Requena F, Saume E y León A 2005).

De allí, se logró aislar una sustancia producto del crecimiento de un hongo que al ser suministrada a animales sanos produjo una sintomatología, compatible con la desconocida enfermedad, demostrándose que dicha sustancia había sido producida por una cepa de *Aspergillus flavus* de donde derivó su nombre: Aflatoxinas (Requena F., Saume E., León A. 2005).

3.2.5 Factores que tienen influencia sobre la toxicidad de las micotoxinas

Los principales factores que tienen influencia sobre la toxicidad de las micotoxinas tanto en humanos como en animales, según Requena, Saume y León (2005) son:

- La biodisponibilidad y toxicidad de la micotoxina
- Los sinergismos entre ellas

- La cantidad de micotoxina ingerida diariamente en función de la concentración de micotoxina y de la cantidad de alimento ingerido
- La continuidad o intermitencia de ingestión del alimento contaminado
- El peso y la edad del individuo, el estado fisiológico y de salud de éste

3.3 Micotoxinas y las malformaciones congénitas en Guatemala

Guatemala presenta una población en aumento con estimado de medio millón de recién nacidos en 2016. Es importante la evaluación del recién nacido para la detección de anomalías congénitas.

Las anomalías congénitas son un conjunto de condiciones de salud con consecuencias devastadoras para las personas, sus familias, desafiando a los sistemas de atención médica para responder a sus múltiples demandas. (Barrios Canek M, Colindres P, González FR, Ovando G y Pérez Y. 2016).

Las anomalías congénitas se clasifican en: Anomalías de tubo neural, anomalías craneoencefálicas entre las que destacan labio y paladar hendido, defectos cardiacos, defectos gastrointestinales, defectos de línea media, defectos genitourinarios. En Guatemala constituyen la 10^a causa de mortalidad infantil registrada. (Barrios Canek M, Colindres P, González FR, Ovando G y Pérez Y. 2016).

Si bien se diagnostican, el 2-4% de los recién nacidos, para los 5 años de edad constituyen 7.5% (3 veces de sub-diagnostico). En Guatemala no se realiza cirugía cráneo-facial a pesar de que su incidencia es importante. (Barrios Canek M, Colindres P, González FR, Ovando G y Pérez Y. 2016).

Las malformaciones congénitas en general presentan una causa importante de morbimortalidad generando un alto costo social y de salud. Estas malformaciones son responsables de alrededor del 75% de las muertes fetales y 40% de las muertes en el primer año de vida. (Barrios Canek M, Colindres P, González FR, Ovando G y Pérez Y. 2016).

En el 2003 se realizó un estudio en el cual la incidencia reporta de 2.35 x 1000 nacidos vivos en el cual las anomalías del tubo neural representaban un 67% seguidos por labio y paladar hendido en un 15%. Es posible prevenir entre 50% a 75% de los casos de malformaciones congénitas con suplementación con ácido fólico. (Barrios et. al. 2016).

En la espina bífida la forma más frecuente es el mielomeningocele. La hidrocefalia usualmente acompaña al mielomeningocele. Guatemala se equipará a China y países del África en incidencia de estas anomalías, estas se producen en etapas tempranas del desarrollo del embrión usualmente durante la 4ta semana por defectos del cierre del tubo neural. (Barrios et. al. 2016).

Y se clasifican en tres grupos los cuales son: anencefalia, encefaloceles y la espina bífida. Los pacientes anencefálicos son incompatibles con la vida. Las encefaloceles posteriores se localizan occipitales, parieto occipitales y parietales. El tener tratamiento quirúrgico en la primera semana de vida produce buenos resultados. Encefalocele puede ser fronto orbitarios, nasal o etmoidadales. Los niños afectados pueden ser sometidos a cirugía a partir de los tres meses de vida. (Barrios et. al. 2016).

Espina bífida puede ser abierta o quística y oculta. De la abierta el mielomeningocele es la más importante. Mielomeningocele es la malformación del sistema nervioso central más común y es compatible con la vida. Es congénita, compleja y multi-sistémica. Involucra el sistema nervioso central, así como también al sistema genitourinario y locomotor. (Barrios et. al. 2016).

El tratamiento para las anomalías del tubo neural se basa en el diagnóstico prenatal y cierre en las primeras 12 horas y seguimiento hasta la adolescencia. Su pronóstico tiene que ver con el cierre temprano y protocolizado. En la espina bífida cerrada los niños nacen con estado neurológico normal y al crecer desarrollan síndrome de medula anclada, llegando a ser parapléjicos y con disfunción urinaria. (Barrios et. al. 2016).

En el cuadro 4 se presenta la procedencia por departamento de pacientes con alguna malformación genética.

Cuadro 4. Procedencia de los pacientes con malformaciones congénitas.

	2011	2012	2013	2014	TOTAL
Guatemala	33	27	35	40	135
Alta Verapaz	19	42	53	66	180
Baja Verapaz	1	11	3	15	30
Jalapa	2	4	8	9	23
Zacapa	5	7	4	6	22
San Marcos	3	6	9	5	23
Jutiapa	3	5	8	2	18
El Progreso	7	6	6	11	30
Quiché	10	8	8	12	38
Quetzaltenango	7	3	10	10	30
Sacatepéquez	3	6	7	12	28
Chimaltenango	2	9	8	8	27
Izabal	4	5	9	4	22
Petén	14	10	12	5	41
Huehuetenango	2	2	3	11	18
Sololá	1	2	5	5	13
Escuintla	9	8	5	2	24
Retalhuleu	0	4	2	4	10
Santa Rosa	2	1	3	2	8
Chiquimula	7	14	6	20	47
Suchitepéquez	5	5	1	16	27
Totonicapán	0	2	0	0	2
TOTAL	139	187	205	265	796

Fuente: Barrios Canek, M; Colindres, P; González, FR; Ovando, G; Pérez, Y. 2016.

Una vez definidas las malformaciones congénitas es necesario poder determinar las causas que las provocan. Éstas en su mayoría son combinaciones de causas genéticas y ambientales. Se estima que un 10% de los casos son por causas ambientales, un 25% se debe a causas genéticas y el 65% por la combinación de factores genéticos y ambientales. Algunos factores ambientales son la falta de

nutrición, falta de consumo de folatos, tabaquismo y las Aflatoxinas en Guatemala. (Barrios et. al. 2016).

El maíz es todavía el alimento base de la dieta del guatemalteco, siendo la fuente principal de energía proveniente de carbohidratos, proteínas y grasas; es también fuente de los micronutrientes calcio y hierro. Este patrón explica la desnutrición crónica que caracteriza a los niños del área rural de Guatemala. (Barrios et. al. 2016).

El consumo diario de maíz, como alimento único puede ser toxico. Un estudio realizado en el 2004 demostró que mientras más Fumonisinias se consume en la dieta diaria aumenta la incidencia de anencefalia. Aproximadamente el 91% del maíz producido en Guatemala contiene Fumonisinias. (Barrios et. al. 2016).

En los mercados de Guatemala se venden maíz de primera, segunda y picado. El maíz picado debería ser prohibido por autoridades sanitarias al no ser apto para consumo humano, pero en Guatemala este sigue siendo parte de la dieta de miles de guatemaltecos de escasos recursos. (Barrios et. al. 2016).

Petén es el granero de Guatemala y es la región que presenta los niveles de Aflatoxinas más altos en todo el país, con promedios de 10,000 ppm en sus niveles. Cabe destacar que la Fumonisinias es un problema de suelo, no de humedad, por lo que se apodera de la mazorca. Las Fumonisinias son causadas por el *Fusarium verticillioides* y se miden por excreción urinaria en ug/kg de peso corporal/día y su bioindicador fue creado y validado por un estudio hecho en Guatemala. (Barrios et. al. 2016).

El promedio diario de tortillas consumidas en Guatemala es 20, pero en algunas fincas los trabajadores comen hasta 60-65 tortillas durante un día. Mientras más tortillas se consumen a día los niveles de Fumonisinias aumentan, aunque el maíz se vea limpio por lo que se recomienda no dejar de comer tortilla sino agregar otros alimentos a la dieta junto con su consumo. Estudio de Ocratoxinas A en sangre de guatemaltecos que consumen más de 18 tortillas por día (2013), presentaron resultados positivos para la presencia de esta toxina. (Barrios et. al. 2016).

La producción del cultivo de maíz se puede realizar desde el nivel del mar hasta los 3500 msnm, provocando una variación en los sistemas de producción. La cadena agroalimentaria abarca los sistemas de producción, diversidad de semillas, autoconsumo, excedentarios, ambientes de producción y almacenamiento. (Barrios et. al. 2016).

Por la relevancia en la salud humana en Guatemala se enfatiza en las Aflatoxinas y Fumonisin, producidas por los géneros de hongos *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*, siendo el principal efecto la pudrición de la mazorca. (Barrios et. al. 2016).

La susceptibilidad de las plantas, manejo agronómico, pre y post cosecha son los principales factores limitantes. Los factores de riesgo que contribuyen al aumento de micotoxinas son: cambio climático (sequías, alta precipitación a cosecha), geográfico (área marginal, expulsión de cultivo, nuevas áreas), agronómico (pre-post cosecha), comercio e industria (estacionalidad, calidad de grano, normativa); cabe destacar que las micotoxinas son termo resistentes. (Barrios et. al. 2016).

Existen plagas emergentes como lo es el barrenado del tallo, esta es una plaga emergente, contribuye al aumento de pudrición de la mazorca, por tanto, es de difícil control. En Guatemala se ha perdido el balance de nutrición, actualmente es 95% maíz y 5% frijol, previamente era 70% maíz y 30% frijol, siendo actualmente una dieta monótona; el uso de vegetales y derivados de la leche es bajo. (Barrios et. al. 2016).

Las personas del área rural aun consumen el mulco, maíz podrido, siendo un factor cultural importante. Los puntos críticos para combatir las micotoxinas son el manejo de plagas, momento de la cosecha y manejo post cosecha. Existen medidas implementadas para mejorar las cosechas entre ellas encontramos: buena selección de la semilla, tratamiento con fungicida a la semilla, resistencia genética, capacitación comunitaria, control de calidad, manejo post cosecha. (Barrios et. al. 2016).

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Ubicación, extensión, colindancias y población del municipio de Camotán

El municipio de Camotán está ubicado en la región oriental de la República de Guatemala, es uno de los municipios que integran la región Ch'orti' y pertenecen al departamento de Chiquimula, ubicado en las coordenadas latitud norte 14°49'13" longitud oeste 89°22'24" con una elevación de 457 metros sobre el nivel del mar (SEGEPLAN 2010).

El territorio comparte fronteras con la hermana República de Honduras en su punto aduanero conocido como frontera "EL FLORIDO" y sus colindancias son: al norte con la Unión, Zacapa; al sur con Jocotán; Oriente con Honduras específicamente con Copan Ruinas y al poniente con Jocotán, este último también municipio de Chiquimula. Su extensión territorial es de 231.19 kilómetros cuadrados (SEGEPLAN 2010).

Según el Instituto Nacional de Estadística, el municipio tiene una población de 48,435 habitantes con una ruralidad de 96.77 % y una densidad poblacional de 209.50 habitantes por kilómetro cuadrado. La población del municipio de Camotán está integrada por grupos indígenas y ladinos donde la proporción de la población por grupo etnolingüística reconocidos en Guatemala es de 16.8% donde la etnia Ch'orti' ocupa el 68.80% de esa proporción, los que se encuentran dispersos en toda el área rural del territorio (SEGEPLAN 2010).

Según la Secretaría General de Planificación de la Presidencia (2010) la cantidad total de viviendas que existen en el municipio de Camotán es de 7,496; del cual el 96% se encuentran ubicadas en el área rural y el 4% en el área urbana.

4.2 Ubicación, extensión, colindancias y población del municipio de Jocotán

El municipio de Jocotán es uno de los cuatro municipios que integran la región Ch'orti' en el departamento de Chiquimula, y se ubica dentro de la cuenca

hidrográfica denominada Copan Ch'orti' cuyo cauce principal es el río Grande de Copan de la República de Honduras (SEGEPLAN 2010).

Sus centros poblados presentan diferentes altitudes, las cuales oscilan entre trescientos metros a los mil ochocientos sobre el nivel del mar (msnm), lo que genera tener en el territorio una diversidad de climas (SEGEPLAN 2010).

Este se encuentra ubicado en latitud norte 14° 49' 10" y longitud oeste 89° 23' 25", con una elevación de 457msnm, tomando como referencia el parque central de la cabecera municipal (SEGEPLAN 2010).

El municipio de Jocotán colinda al norte con los municipios de Zacapa y La Unión, municipio de ese mismo departamento y dentro del departamento de Chiquimula colinda al este con los municipios de Camotán y Esquipulas; al sur con los municipios de Olopa y San Juan Ermita y al Oeste con el municipio de Chiquimula (SEGEPLAN 2010).

El municipio de Jocotán tiene una población de 53,960 habitantes, con una ruralidad de 89.41% y el restante 10.59% se encuentra residente en el área urbana. El crecimiento vegetativo del municipio es de 3.72 según memoria de labores del Área de Salud de Chiquimula año 2008, con una densidad poblacional de 218 habitantes por kilómetro cuadrado (SEGEPLAN 2010).

Según la Secretaría General de Planificación de la Presidencia (2010), en el censo elaborado en el año 2005, se registra un total de 8,427 viviendas en todo el municipio, de las cuales 7,367 son rurales (87.42%), de adobe y bajareque (paredes), lámina y paja (techo) y piso de tierra, y el resto 1,060 son del área urbana (12.58%).

4.3 Ubicación, extensión, colindancias y población del municipio de Olopa

El municipio de Olopa, está ubicado en la región oriental de la república de Guatemala, uno de los que integran la región Ch'orti' que pertenece al departamento

de Chiquimula, se encuentra ubicado al sureste de la cabecera departamental, a una distancia de 42.5 kilómetros, tomando como ruta de acceso la carretera interamericana, CA 10 que conduce al municipio de Esquipulas, donde se tiene como destino intermedio pasar por los municipios de San Jacinto y Quezaltepeque, a la altura del kilómetro 196 donde en este último se encuentra la bifurcación hacia el referido municipio (SEGEPLAN 2010)

El municipio de Olopa dista de la ciudad capital a 214 kilómetros por la carretera del atlántico y su extensión territorial es de 156 kilómetros cuadrados aproximadamente, ubicado en las coordenadas latitud 14° 41' 25" y longitud 89° 21' 00" con referencia al parque central del municipio, a una altitud de 1,350 msnm (SEGEPLAN 2010).

Limita al norte con los municipios de Jocotán y San Juan Ermita; al este con el municipio de Esquipulas; al sur con los municipios de Esquipulas y Quezaltepeque y al oeste con el municipio de Quezaltepeque; todos del departamento de Chiquimula (SEGEPLAN 2010).

Debido al invierno del año 2017, la mayoría de los productores de granos básicos del área rural tuvieron pérdidas significativas en la cosecha y los que cosecharon tenían en promedio de 15 mazorcas por tarea sembrada de maíz (4378.5 m²).

Esto fue de suma importancia, ya que para el estudio se necesitaban en promedio de 12-15 mazorcas por muestra por etapa, lo que limitó la obtención de la muestra con los productores del municipio. Las muestras designadas al municipio se distribuyeron entre los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita.

Según el Instituto Nacional de Estadística, el municipio de Olopa tiene una población de 22,994 habitantes al año 2010, con una ruralidad de 92.17% y el restante 7.83% se encuentra viviendo en la cabecera municipal del municipio. (SEGEPLAN 2010).

En el municipio se calcula un total de 4,484 viviendas según memoria de labores del Área de Salud año 2009 de las cuales 294 se encuentran en la cabecera municipal (6.56%) y 4,190 en el área rural (93.44%) (SEGEPLAN 2010).

4.4 Ubicación, extensión, colindancias y población del municipio de San Juan Ermita

El municipio de San Juan Ermita pertenece al departamento de Chiquimula y se encuentra ubicado en la región central del territorio, tiene una extensión aproximada de 90 kilómetros cuadrados, con una elevación de 569.2 metros sobre el nivel del mar, tomando como referencia el parque de la cabecera municipal. La zona de vida predominante es el bosque seco subtropical (SEGEPLAN 2010).

La cabecera municipal se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas latitud 14°45'37''; longitud 89°25'50'' su clima es tropical seco. Dista de la ciudad capital a 196 kilómetros, tomando como ruta de acceso la carretera del atlántico, y de la cabecera departamental a 26 kilómetros de distancia (SEGEPLAN 2010).

Colinda al Norte con el municipio de Jocotán; al Este con los municipios de Olopa y Jocotán; al Sur con los municipios de Quezaltepeque y Olopa; al Oeste con los municipios de Chiquimula y San Jacinto (SEGEPLAN 2010).

La densidad poblacional es de 162 habitantes por kilómetro cuadrado, y cuenta con un total de 2,677 viviendas distribuidas en los centros poblados del municipio, con una ruralidad de 88% y el restante 12% se encuentra concentrado en la cabecera municipal (SEGEPLAN 2010).

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 Objetivos

5.1.1 General

- Analizar la presencia de micotoxinas en grano de maíz que producen y consumen las familias de cuatro municipios de la región Ch'orti', departamento de Chiquimula, para proponer lineamientos generales que minimicen su efecto en la salud familiar.

5.1.2 Específico

- Establecer si el maíz producido y consumido por las familias presenta micotoxinas, para formular lineamientos generales orientados a minimizar su efecto en la salud de las familias.
- Determinar en qué etapa del proceso de producción, almacenamiento o consumo se presenta un nivel bajo, medio o alto de micotoxinas, para proponer mejoras en la etapa donde se encuentre la problemática en el maíz contaminado.

5.2 Hipótesis

- Ho. Ninguna de las muestras de maíz que producen y consumen las familias de los cuatro municipios de la región Ch'orti' presenta micotoxinas.

5.3 Diseño de la investigación

5.3.1 Población de estudio

La población objetivo estuvo conformada por los productores de granos básicos de los municipios de Olopa, San Juan Ermita, Jocotán y Camotán del departamento de Chiquimula.

Para esta investigación se considera como población de estudio las familias de los productores de cada municipio.

Cuadro 5. Número de productores de granos básicos por municipio, del departamento de Chiquimula, Guatemala, 2018.

Municipio	Población Total	Muestras
Jocotán	8541	25
Camotán	7439	35
San Juan Ermita	2737	36
Olopa	4098	0 (28)
TOTAL	22813	96

Fuente: Elaboración propia, según Censo de pérdidas por sequía MAGA (2016)

5.3.2 Muestra de estudio

La muestra del estudio corresponde a las muestras probabilísticas proporcionales para las familias de los productores de los municipios bajo estudio, se estableció el tamaño de la muestra y el tipo de muestreo que se utilizaría para seleccionar la muestra de las familias.

a. Tamaño de la muestra

Para el cálculo de la muestra, se asume la máxima variación posible del 50%, un nivel de confianza de 95% y un nivel de error del 10%.

Se estableció el tamaño de la muestra y el tipo de muestreo que se utilizó para seleccionar la muestra de las familias en cada uno de los municipios (Herrera, 2011)

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

- **N:** representa la población
- **e:** es el error de muestreo de 10%.
- **p y q:** representa los porcentajes de ocurrencia de un suceso, donde su suma es 100%. Debido a que no se tiene un estudio piloto previo considerarán 50% y 50%, p y q respectivamente.
- **Z:** valor teórico que varía de acuerdo a un nivel de confianza de 95% es de 1.96.

El tamaño de la muestra obtenido con la fórmula anterior para los municipios de Jocotán, San Juan Ermita, Camotán y Olopa es de 96 productores de granos básicos, tomando en cuenta las etapas (producción o tapisca, almacenamiento y consumo) que llevó el muestreo se tomó un total de 288 muestras.

b. Tipo de muestreo

Después de calcular el tamaño de la muestra, se utilizó el tipo de muestreo aleatorio simple sin reposición con el objetivo de obtener muestras representativas.

Los productores fueron seleccionados al azar donde todos tuvieron la misma probabilidad de ser elegidos, cabe resaltar que este sorteo se realizó una sola vez, al momento de tomar la primera muestra durante la dobla (tapisca) del maíz, por lo que a los productores seleccionados en esta etapa serían los mismos para el resto de toma de muestras.

c. Momento del muestreo

Para obtener un mayor detalle del estado del grano durante el manejo postcosecha (después de la dobla) y poder determinar con mayor precisión el momento en que inicia la contaminación con micotoxinas, se tomaron muestras para su respectivo análisis en tres etapas:

- ✓ Tapisca: se tomó al azar en el campo de los productores 10 mazorcas, a manera de obtener la muestra requerida para el análisis en laboratorio.
- ✓ Almacenamiento: con un muestreador de grano se tomaron tres libras de grano.
- ✓ Consumo: se tomó una muestra de grano de maíz cocido para su análisis.

5.3.3 Recolección y procesamiento de datos

Para la recolección de las muestras se procedió a visitar a los productores de maíz seleccionados; a través de un muestreo al azar simple, según marco lista de productores de granos básicos, proporcionados por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA-, de Chiquimula y Zacapa.

En las fincas y viviendas de los productores seleccionados fue la toma de muestras de grano de maíz en las etapas mencionadas en el inciso anterior, para cada etapa se procederá de la siguiente manera:

- **En la tapisca:** se procedió a ubicar la parcela del productor y se realizaron dos líneas de caminamiento paralelas, con el propósito de seleccionar 10 plantas de maíz, en las cuales se tapisco una mazorca de cada planta, para

obtener una muestra homogénea de toda la parcela. Las líneas de caminamiento estaban ubicadas en la parcela a $1/3$ del ancho de la misma.

La ubicación de las submuestras en la parcela se obtuvo calculando la longitud de cada línea de caminamiento y la suma de esta longitud se dividió entre 10 para obtener la distancia entre cada submuestra. La primera estaría ubicada a $\frac{1}{2}$ de la distancia entre submuestras al inicio de la línea de caminamiento uno. Para continuar con la toma de submuestras en la línea de caminamiento dos, la primera submuestra se obtendría restando la distancia sobrante de la línea de caminamiento uno de la distancia entre submuestras (ver figura 6).

Si la cantidad de mazorcas no cumple con el requerimiento de las tres libras de grano de maíz, se procederá nuevamente a ubicarse en la posición de la submuestra uno y se tapiscará la mazorca ubicada a un costado de la submuestra uno obtenida.

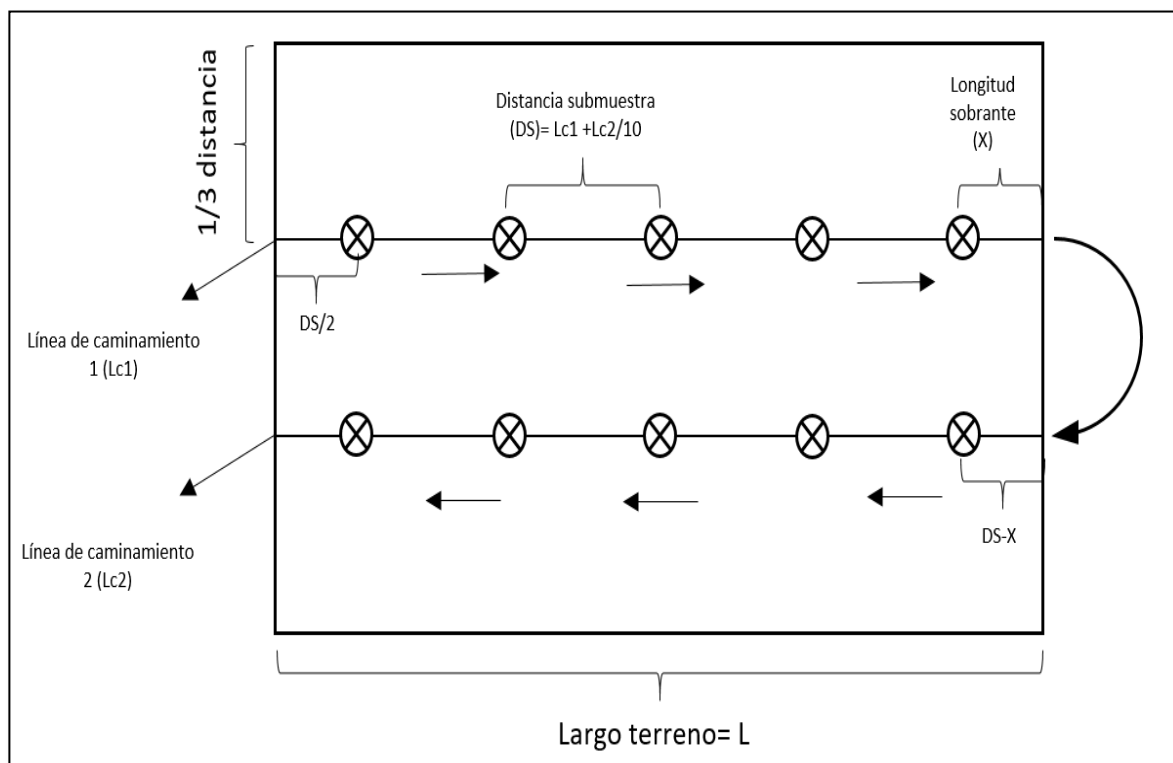


Figura 6. Determinación de la distancia y ubicación entre las submuestras en la parcela del productor.

- **En el almacenamiento:** las muestras se recolectaron dos o tres meses después del almacenamiento en los hogares de las familias que facilitaron la muestra en la etapa de tapisca y al igual que en la etapa anterior, se obtuvo una muestra de tres libras. Para tener una muestra homogénea del grano almacenado y según el tipo de almacenamiento del grano utilizado usado por la familia se procedió de la siguiente manera:
 - a. **Graneros y barriles:** se introdujo un muestreador de grano para sacar una muestra representativa de la parte de arriba, media y baja de los recipientes.
 - b. **Costales:** se introdujo un muestreador de grano introduciéndolo para sacar una muestra representativa de la parte de arriba, media y baja, tomando en cuenta el número de costales a manera de obtener una muestra de cada uno.
 - c. **Troja:** se tomaron mazorcas al azar hasta completar tres libras de grano desgranado.
- **En el consumo:** en esta etapa la muestra fue del mismo lote de maíz producido por el productor seleccionado en el muestreo de tapisca y almacenamiento. La muestra obtenida en esta etapa debía ser maíz cocido en grano.

5.3.4 Procesamiento de los datos y manejo de las muestras

Las muestras recolectadas fueron colocadas en bolsas de papel de estraza (kraft) y rotuladas con marcador indeleble, adhiriendo una etiqueta con la numeración correlativa correspondiente. Al final del día fueron rociadas con insecticida para evitar infestación de insectos barrenadores.

Además, se llenó un formulario con los datos sobre el origen y variedad del maíz, la etapa postcosecha en la que se encontraba al momento de ser recolectada, el color del mismo, si se observa moho, porcentaje de humedad, entre otros (ver Anexo 1).

Debido al riesgo por la ingesta y la importancia de conocer la contaminación de maíz, se analizaron durante las tres etapas del muestreo la presencia de Aflatoxinas. Además de los 96 productores seleccionados se obtuvo una submuestra de 15 productores, en cuyo maíz se determinó en las mismas etapas de tapisca, almacenamiento y consumo la presencia de Fumonisin, Ocratoxinas y Deoxinivalenol.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Selección de agricultores

A través de la utilización de un marco lista de los productores de granos básicos de la región Ch'orti se realizó la selección de 96 productores de maíz de los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, de los cuales se obtuvo las muestras de maíz en las etapas de tapisca, almacenamiento y consumo, durante los meses de noviembre de 2017 a marzo 2018.

Los productores de maíz fueron localizados en 52 comunidades o áreas de producción de granos básicos (principalmente maíz y frijol) distribuidos en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, como se indica a continuación: 25 productores en Jocotán, 35 en Camotán y 36 en San Juan Ermita

6.2 Caracterización del sistema productivo del cultivo de maíz

Para la caracterización de los sistemas de producción del municipio se procedió al llenado de una boleta (Anexo 1) con cada una de las familias seleccionadas para la obtención de muestras. Es importante mencionar que el manejo de la producción del cultivo de maíz en los municipios bajo estudio es homogéneo en su mayoría. En el cuadro 6 se muestra el resumen de los aspectos de manejo de la producción del cultivo de maíz por cada municipio.

Cuadro 6. Aspectos de manejo de producción del cultivo de maíz (*Z. mays* L.) en los municipios de Jocotán, Camotán, Olopa y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Eslabón cadena	Manejo de Producción	MUNICIPIO		
		Camotán	Jocotán	San Juan Ermita
Producción	Mes de siembra			
	1. Abril	0	0	1.04
	2. Mayo	33.33	22.92	35.42
	3. Junio	3.13	2.08	1.04
	4. Agosto	0	1.04	0
	Área de siembra (mz)	0.17-2	0.13-4	0.19-1.25
	Producción (qq/mz)	5-60	4-50	4.27-56
	Origen de la semilla (%)			
	1. Comercial	4.17	3.13	9.38
	2. Local	1.04	21.88	9.38
	3. Nativa	0	0	3.13
	4. Propia	31.25	1.04	15.63
Manejo postcosecha	Dobla (dds)	75-152	59-161	68-146
	Tapisca (dds)	114-199	109-235	97-233
	Desgrane (dds)	114-208	109-266	150-248
	Almacenamiento (dds)	140-219	109-266	163-263
	Lugar de desgrane (%)			
	1. Área de cultivo	9.38	0	3.13
	2. Vivienda	27.08	26.04	34.38
	Método de desgrane (%)			
	1. Aporreo manual	23.96	26.04	26.04
	2. Desgranadora	12.5	0	11.46
	Destino de la producción (%)			
	1. Consumo familiar	18.75	20.83	31.25
	2. Venta y consumo	17.71	5.21	6.25
Almacenamiento	Tipo de almacenamiento (%)			
	1. Barriles	1.04	1.04	0
	2. Costal	12.5	10.42	2.08
	3. Granero	22.92	13.54	35.42
	4. Nylon	0	1.04	0
	Tratamiento del grano (%)			
	1. No	7.29	3.13	2.08
	2. Si	29.17	22.92	35.42

6.2.1. Producción

En el cuadro 6 se muestra que el 1.04% de los productores muestreados realizan la siembra en el mes de abril, el 91.67% en el mes de mayo, el 6.25% en el mes de junio y el 1.04% en el mes de agosto; por lo que el 98.96% de los productores realizan una siembra de maíz (**Z. mays L.**) al año en la época llamada de “primera”, mientras que el 1.04% realizan la siembra en la época llamada de “segunda”.

Las siembras de primera comienzan en el mes de mayo hasta mediados de junio, época en que corresponde al inicio de la temporada lluviosa. Mientras que en las siembras de segunda la realizan entre los meses de agosto hasta septiembre, época en la que realizan la siembra del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*).

En la región las áreas de producción varían entre 0.13 y 4 manzanas destinadas a la producción de maíz, con rendimientos promedio que varían entre 4 y 60 quintales/manzana, esta diferencia en el promedio se da principalmente por 3 factores:

- Origen de la semilla: este es un factor muy importante en la producción de cualquier cultivo. En la región se encontró que el 16.68% de los productores usan semilla comercial (mejorada), el 32.3% usa semilla local que es obtenida dentro de la misma comunidad, el 3.13% utiliza semilla nativa obtenida dentro de la región y el 51.05% utiliza semilla propia.
- Disponibilidad de agua: los rendimientos se ven afectados seriamente por la poca disponibilidad de este recurso. En la región la mayoría de productores depende principalmente de la precipitación, que al no ser distribuida de manera uniforme los rendimientos del cultivo de ven afectados.
- Estado del suelo: en los municipios evaluados se observaron suelos degradados principalmente por erosión hídrica

De la producción total de maíz se obtuvo que el 70.83% de los productores destina la totalidad de su producción para el consumo familiar y el 29.17% para la venta y consumo. Al analizar el destino de la producción por municipio se obtiene que en el municipio de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, el 80%, 51% y 83% respectivamente, de los agricultores muestreados en cada municipio no vende el grano cosechado, debido a que la producción se ve disminuida por el consumo del maíz en elote, mientras que el resto de la producción es destinada para el consumo en el hogar.

El resto de los productores cuenta con mejores condiciones, obteniendo así una mejor producción, pudiendo vender una parte de su cosecha y almacenar el resto, estas familias les puede durar el maíz incluso hasta la siguiente cosecha.

6.2.2. Manejo postcosecha

Los productores de los municipios de la región Ch'orti' inician el manejo postcosecha con la dobla del maíz, esta práctica es realizada para acelerar el proceso de secado del grano y es realizada entre los 59 y 161 días después de la siembra (dds) principalmente entre los meses de agosto y septiembre, variando en tiempo debido a la variedad utilizada y la siembra de frijol en relevo al cultivo de maíz.

Después de la dobla, la siguiente etapa es la tapisca, que se lleva a cabo entre los 97 y 235 dds, entre los meses de octubre y diciembre, la diferencia se debe principalmente a que algunos productores deciden realizar la cosecha lo antes posible (97 dds), mientras que el resto decide esperar a que esta coincida con la cosecha del frijol; luego los agricultores proceden al destusado y desgrane de la mazorca, la cual depende de la fecha de tapisca y esta ocurre principalmente entre los meses de noviembre y enero, realizada ya sea en el terreno o en la vivienda del productor mediante el aporreo manual o desgranadora.

Los agricultores de los municipios de la región Ch'orti' del departamento de Chiquimula, almacenan el grano de maíz (*Z. mays* L.) una vez sea tapisado y desgranado. La diferencia que se logra observar es que algunos agricultores, luego de la tapisca, dejan secando el maíz unos días más antes del desgrane y almacenamiento del grano, e incluso hay un pequeño grupo que luego del desgrane dejan otros días más secando el grano de maíz antes de su almacenamiento. Sin embargo, existe un gran número de familias que el mismo día que realizan la tapisca, ese mismo día desgranar el maíz e incluso lo almacenan.

Además, se obtuvo que el 76.04% de los productores muestreados, para el desgranado de la mazorca utilizan aporreo manual y el 23.96% mediante desgranadora. Es importante mencionar que la mayoría de los agricultores de los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, no consideran necesario secar aún más el grano de maíz, después de ser desgranado, según ellos, el tiempo que paso el maíz en el campo (durante la dobla del maíz) fue tiempo suficiente para que esté bastante seco el grano y poder ser almacenado.

6.2.3. Almacenamiento del grano de maíz

El almacenamiento es realizado por los productores entre los 109 y 266 dds, principalmente entre los meses de noviembre y enero. El lapso entre el desgrane y el almacenamiento depende de la humedad a la que es cosechado el grano, la cual debe encontrarse entre el 12 y 14%.

Entre los productores se observa que, dependiendo del porcentaje de humedad presente en el grano, luego de la tapisca, dejan secando el maíz unos días más antes del desgrane y almacenamiento del grano, e incluso hay un pequeño grupo que luego del desgrane dejan otros días más secando el grano de maíz (30 días) antes de su almacenamiento. Sin embargo, existe un

gran número de familias que el mismo día que realizan la tapisca, ese mismo día desgranar el maíz e incluso lo almacenan.

Se encontró que el 2.08% almacenan el grano utilizando barriles, 25% en costales, el 1.04% utilizan nylon y el 71.88% lo almacenan en graneros metálicos. Los agricultores que almacenan en barril o granero y antes de almacenar el grano, realizan una limpieza interna de la estructura.

Así mismo, el 87.51% aplican tratamiento al grano para prevenir plagas de almacenamiento siendo utilizados el fosfuro de aluminio (83.34%), Folidol® (2.08%), neem (*Azadirachta indica*) (1.04%) y Volatón® (1.04%). Siendo el fosfuro de aluminio el tratamiento preferido para el control de plagas de almacenamiento, la dosis usada por los productores es de 1 pastilla por quintal de grano y una vez aplicado sellan para evitar fugas. Mientras el fosfuro de aluminio actúa en el grano las familias optan por dejar fuera de los graneros una cantidad de maíz (el más podrido o mohecido) para el consumo del hogar y los animales de patio.

6.2.4. Presencia de plagas y enfermedades en postcosecha

Es importante mencionar que la etapa de postcosecha inicia al momento de la dobla del cultivo de maíz, hasta que es almacenado; durante este tiempo la mazorca es afectado por plagas como la broca (*Elasmopalpus lignosellus*), comején (*Coptotermes spp.*), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), además, es afectado por condiciones climáticas adversas que favorecen la aparición de hongos en el campo como *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*.

Cuadro 7. Presencia de plaga y de hongo en el grano de maíz (*Z. mays* L.) establecidos en el campo, en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala 2018.

Problema	Camotán		Jocotán		San Juan Ermita	
	No	Si	No	Si	No	Si
Daño por insecto	10.42	26.04	11.46	14.58	15.63	21.88
Presencia de moho	34.38	2.08	3.13	22.92	12.5	25

Los resultados del Cuadro 7 indican que de las 96 muestras de grano obtenidas el 62.5% presentaron daño por insectos y el 50% mostraron presencia de moho.

Al realizar el análisis de las muestras de grano por municipio se obtiene que en el municipio de Jocotán el 56% presentaron daño por insectos y el 88% se observó presencia de moho, en Camotán el daño de insectos y la presencia de moho se observó en un 71.43% y 5.71% respectivamente, y por último San Juan Ermita mostró en un 58.33% daños por insectos y en un 66.67% presencia de moho.

6.2.5. Caracterización del proceso de nixtamalización

La nixtamalización consiste en cocer el grano de maíz en abundante agua y cal (1-2% peso/peso) a temperaturas cercanas a la ebullición (80 °C), durante un periodo de 20 a 45 minutos. Posteriormente, se retira la solución de cocimiento y el maíz –que en esta fase del proceso se ha llamado nixtamal– se lava dos o tres veces para eliminar el pericarpio y la cal residual (Méndez, 2009).

La práctica de cocción del maíz o nixtamalización es una práctica tradicional y muy antigua realizada por las familias de los productores de maíz (*Z. mays* L.) de la región Ch'orti' del departamento de Chiquimula.

En la región Ch'orti', el proceso de nixtamalización varía en el tiempo de cocción debido a la cantidad de maíz a cocer y la calidad de la leña utilizada para la cocción, el tiempo varía entre 45 y 60 minutos.

6.3. Presencia de micotoxinas en muestras de grano de maíz

Las muestras de maíz tomadas en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita fueron de 25, 35 y 36 respectivamente, en total fueron tomadas 96 muestras en 3 etapas: tapisca (noviembre y diciembre), almacenamiento (febrero y marzo) y consumo (abril).

Del total de las 96 muestras por etapa (288 en total) tomadas en los 3 municipios, el 100% resultaron positivas para las micotoxinas. Es importante mencionar que las muestras analizadas no corresponden a un muestreo sistemático, ni a un control permanente de la calidad de grano producido en la región, sino por el contrario, corresponde a un muestreo puntual tomado de la producción de grano durante el año 2017 en el período posterior a la etapa de producción, siendo entre la tapisca y posterior a la elaboración de tortillas.

6.3.1. Presencia de micotoxinas en etapa de tapisca

Las muestras de maíz tomadas en los municipios de Jocotán, Camotán, y San Juan Ermita, durante los meses de noviembre y diciembre del año 2017, desde el momento de la dobla hasta la tapisca transcurrieron en promedio 3 meses, por lo que las muestras tomadas la etapa de tapisca fueron tomadas aproximadamente dos meses después de la dobla. Los resultados obtenidos en el laboratorio para el municipio de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita se muestran en los cuadros 8, 9 y 10.

Cuadro 8. Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (*Z. mays* L.) en etapa de tapisca en el municipio de Jocotán, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Identificación	Aflatoxina (PPB)	Ocratoxinas (PPB)	Fumonisinias (PPM)	DON (PPM)
JC 1	5.88			
JC 2	8.11			
JC 3	5.93			
JC 4	4.30	2.08	8.69	0.07
JC 5	17.81			
JC 6	9.14			
JC 7	6.84			
JC 8	8.10			
JC 9	31.12			
JC 10	3.42			
JC 11	3.83			
JC 12	23.15			
JC 13	4.21			
JC 14	25.32	1.22	3.92	0.04
JC 15	7.11			
JC 16	8.15			
JC 17	38.40			
JC 18	6.17			
JC 19	5.59	1.79	1.57	0.08
JC 20	4.10			
JC 21	22.17			
JC 22	4.39	2.11	6.81	0.09
JC 23	3.88			
JC 24	5.92			
JC 25	6.81			

Cuadro 9. Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (*Z. mays* L.) en etapa de tapisca en el municipio de Camotán, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Identificación	Aflatoxina (PPB)	Ocratoxinas (PPB)	Fumonisinias (PPM)	DON (PPM)
CM 1	0.45	0.41	1.37	0.10
CM 2	3.16			
CM 3	4.57			
CM 4	1.33			
CM 5	3.40			
CM 6	2.17			
CM 7	1.12			
CM 8	3.19			
CM 9	0.57		1.68	
CM 10	3.14			
CM 11	2.08			
CM 12	1.72			
CM 13	3.84			
CM 14	1.37	0.23	6.53	0.04
CM 15	1.95			
CM 16	2.87			
CM 17	3.14			
CM 18	4.58	0.31	0.82	0.02
CM 19	4.19			
CM 20	3.14			
CM 21	4.09			
CM 22	3.96	1.32	0.45	0.04
CM 23	2.27			
CM 24	2.60			
CM 25	3.44			
CM 26	1.73			
CM 27	2.86			
CM 28	1.77			
CM 29	2.04			
CM 30	2.41			
CM 31	1.90			
CM 32	2.11			
CM 33	4.32			
CM 34	3.78			
CM 35	2.54			

Cuadro 10. Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (*Z. mays* L.) en etapa de tapisca en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Identificación	Aflatoxina (PPB)	Ocratoxinas (PPB)	Fumonisinias (PPM)	DON (PPM)
SJ 1	6.42			
SJ 2	5.93			
SJ 3	4.96			
SJ 4	8.12			
SJ 5	7.14			
SJ 6	9.19			
SJ 7	6.25	1.42	10.77	0.08
SJ 8	2.48	3.82	5.71	0.06
SJ 9	2.81			
SJ 10	6.88			
SJ 11	4.78	2.27	10.95	0.13
SJ 12	4.19	2.24	11.42	0.19
SJ 13	4.24	2.14	11.51	0.17
SJ 14	8.11			
SJ 15	6.22			
SJ 16	6.88	1.34	10.80	0.06
SJ 17	4.28	2.38	10.33	0.16
SJ 18	8.91			
SJ 19	16.84	4.11	6.10	0.17
SJ 20	7.85			
SJ 21	9.14			
SJ 22	7.62			
SJ 23	9.38			
SJ 24	4.82			
SJ 25	7.23			
SJ 26	7.14			
SJ 27	6.53	1.74	10.83	0.07
SJ 28	7.18			
SJ 29	6.31	1.94	10.42	0.08
SJ 30	6.64			
SJ 31	5.31			
SJ 32	6.93			
SJ 33	3.19			
SJ 34	4.32			
SJ 35	8.63			
SJ 36	4.54			

Los niveles de Aflatoxinas, Ocratoxinas, Fumonisinias y Deoxinivalenol determinadas en Jocotán generaron valores de las medias de 10.79, 1.80, 5.25 y 0.07, y las desviaciones estándar, 9.64, 0.41, 3.14 y 0.02, respectivamente. Además, el valor mínimo y máximo encontrado en las muestras fueron de 3.42 y 38.40, 1.22 y 2.11, 1.57 y 8.69, y 0.04 y 0.09, para Aflatoxinas, Ocratoxinas, Fumonisinias y Deoxinivalenol respectivamente.

En el municipio de Camotán, la media fue de 2.68, 0.57, 2.17 y 0.05, con desviaciones estándar de 1.10, 0.51, 2.48 y 0.03 y valores mínimos y máximos entre 0.45 y 4.58, 0.23 y 1.32, 0.45 y 6.53, y 0.02 y 0.10, para Aflatoxinas, Ocratoxinas, Fumonisinias y Deoxinivalenol, respectivamente.

Para San Juan Ermita, las Aflatoxinas mostraron una media de 6.59, una desviación estándar de 2.53 y valores mínimos y máximos de 2.48 y 16.84 respectivamente. Para Ocratoxinas, Fumonisinias y Deoxinivalenol la media encontrada fue de 2.34, 9.88 y 0.12 ; las desviaciones estándar fueron de 0.93, 2.13 y 0.05 y los valores mínimos y máximos fueron de 1.34 y 4.11, 5.71 y 11.51, y 0.06 y 0.19 para Ocratoxinas, Fumonisinias y Deoxinivalenol, respectivamente.

Cuadro 11. Datos mínimos, medios y máximos de micotoxinas en muestras de maíz (*Z. mays* L.) en etapa de tapisca en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.

	Aflatoxinas (ppb)			Ocratoxinas A (ppb)			Fumonisinias (ppm)			Deoxinivalenol (ppm)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Jocotán	3.42	10.79	38.40	1.22	1.80	2.11	1.57	5.25	8.69	0.04	0.07	0.09
Camotán	0.45	2.68	4.58	0.23	0.57	1.32	0.45	2.17	6.53	0.02	0.05	0.10
San Juan Ermita	2.48	6.59	16.84	1.34	2.34	4.11	5.71	9.88	11.51	0.06	0.12	0.19

6.3.2. Presencia de micotoxinas en etapa de almacenamiento

Las muestras de maíz de la etapa de almacenamiento fueron tomadas 2 a 3 meses después de la tapisca durante los meses de febrero y marzo de 2018, estas muestras corresponden al maíz que ha estado almacenado, bajo los tratamientos mencionados en el inciso 6.2.3, previamente a ser sometido al proceso de nixtamalización. Los resultados obtenidos en el laboratorio para el municipio de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita se muestran en los cuadros 12, 13 y 14.

Cuadro 12. Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (*Z. mays* L.) en etapa de almacenamiento en el municipio de Jocotán, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Identificación	Aflatoxina (PPB)	Ocratoxinas (PPB)	Fumonisinias (PPM)	DON (PPM)
JC 1	0.09			
JC 2	5.22			
JC 3	2.11	2.86	1.69	0.06
JC 4	6.61			
JC 5	3.72			
JC 6	4.93			
JC 7	1.99	0.89	0.42	0.04
JC 8	1.66	0.49	0.32	0.96
JC 9	0.94			
JC 10	17.15			
JC 11	2.14			
JC 12	2.14			
JC 13	8.04			
JC 14	2.54			
JC 15	1.37	1.88	3.31	0.13
JC 16	32.27			
JC 17	6.91			
JC 18	1.94			
JC 19	3.82			
JC 20	2.22			
JC 21	2.71			
JC 22	3.15			
JC 23	7.46			
JC 24	0.35	0.72	6.61	0.04
JC 25	24.15			

Cuadro 13. Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (*Z. mays* L.) en etapa de almacenamiento en el municipio de Camotán, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Identificación	Aflatoxina (PPB)	Ocratoxinas (PPB)	Fumonisinias (PPM)	DON (PPM)
CM 1	65.81		7.23	
CM 2	10.14			
CM 3	71.25	2.84	2.56	0.93
CM 4	44.15			
CM 5	6.15			
CM 6	72.86			
CM 7	8.16	0.72	0.48	0.02
CM 8	72.82			
CM 9	9.11			
CM 10	27.94			
CM 11	38.71	0.46	0.44	0.02
CM 12	2.84			
CM 13	6.17			
CM 14	12.18		0.41	
CM 15	24.62			
CM 16	38.15			
CM 17	18.77			
CM 18	31.46			
CM 19	11.18			
CM 20	7.14			
CM 21	88.44	0.48	0.61	0.05
CM 22	56.18			
CM 23	17.64			
CM 24	4.28			
CM 25	3.62			
CM 26	28.15			
CM 27	80.17			
CM 28	34.12			
CM 29	55.13			
CM 30	37.14			
CM 31	11.17			
CM 32	26.42			
CM 33	27.51			
CM 34	31.18			
CM 35	31.87	6.80	5.36	0.112

Cuadro 14. Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (*Z. mays* L.) en etapa de almacenamiento en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Identificación	Aflatoxina (PPB)	Ocratoxinas (PPB)	Fumonisinias (PPM)	DON (PPM)
SJ 1	14.64			
SJ 2	17.28			
SJ 3	0.86			
SJ 4	26.94			
SJ 5	23.15			
SJ 6	3.24			
SJ 7	6.71			
SJ 8	5.34			
SJ 9	24.88			
SJ 10	12.48			
SJ 11	9.57			
SJ 12	8.71			
SJ 13	0.86	0.25	0.04	0.03
SJ 14	28.15			
SJ 15	2.46	8.84	0.96	0.06
SJ 16	33.16			
SJ 17	8.18			
SJ 18	24.83			
SJ 19	1.12	1.47	0.56	0.08
SJ 20	24.12			
SJ 21	1.72			
SJ 22	2.71			
SJ 23	32.86			
SJ 24	4.02			
SJ 25	1.18			
SJ 26	0.96			
SJ 27	5.93			
SJ 28	6.19			
SJ 29	6.84			
SJ 30	1.91	2.81	6.69	0.14
SJ 31	2.82			
SJ 32	6.57			
SJ 33	6.17	0.20	0.43	0.13
SJ 34	3.76			
SJ 35	17.52			
SJ 36	26.14			

Los niveles de Aflatoxinas, Ocratoxinas, Fumonisin y Deoxinivalenol determinadas en Jocotán en la etapa de almacenamiento, generaron valores de las medias de 5.83, 1.37, 2.47 y 0.25, y las desviaciones estándar de 7.69, 0.99, 2.61, y 0.40, respectivamente. Además, el valor mínimo y máximo encontrado en las muestras fueron de 0.09 y 32.27, 0.49 y 2.86, 0.32 y 6.61, y 0.04 y 0.96, para Aflatoxinas, Ocratoxinas, Fumonisin y Deoxinivalenol respectivamente.

En el municipio de Camotán, la media fue de 31.79, 2.26, 2.44 y 0.23, con desviaciones estándar de 24.63, 2.73, 2.79 y 0.40 y valores mínimos y máximos entre 2.84 y 88.44, 0.46 y 6.80, 0.41 y 7.23, y 0.02 y 0.93, para Aflatoxinas, Ocratoxinas, Fumonisin y Deoxinivalenol, respectivamente, en la etapa de almacenamiento.

Para San Juan Ermita, las Aflatoxinas mostraron una media de 11.22 ppb, una desviación estándar de 10.36 y valores mínimos y máximos de 0.86 y 33.16, respectivamente. Para Ocratoxinas, Fumonisin y Deoxinivalenol la media encontrada fue de 2.71, 1.74 y 0.09; las desviaciones estándar fueron de 3.59, 2.79 y 0.05 y los valores mínimos y máximos fueron de 0.20 y 8.84, 0.04 y 6.69, y 0.03 y 0.14 para Ocratoxinas, Fumonisin y Deoxinivalenol, respectivamente.

Cuadro 15. Datos mínimos, medios y máximos de micotoxinas en muestras de maíz (*Z. mays* L.) en etapa de almacenamiento en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.

	Aflatoxinas (ppb)			Ocratoxinas A (ppb)			Fumonisin (ppm)			Deoxinivalenol (ppm)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Jocotán	0.09	5.83	32.27	0.49	1.37	2.96	0.32	2.47	6.61	0.04	0.25	0.96
Camotán	2.84	31.79	88.44	0.46	2.26	6.80	0.41	2.44	7.23	0.02	0.23	0.93
San Juan Ermita	0.86	11.22	33.16	0.20	2.71	8.84	0.04	1.74	6.69	0.03	0.09	0.14

6.3.3. Presencia de micotoxinas en etapa de consumo

Las muestras de maíz de la etapa de consumo fueron tomadas entre 4 y 5 meses después de la tapisca, durante los meses de marzo y abril de 2018, estas muestras corresponde a maíz cocido (nixtamalizado) previo a la elaboración de tortillas. En los cuadros 16, 17 y 18 se muestran los resultados de los análisis de laboratorio.

Cuadro 16. Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (*Z. mays* L.) en etapa de consumo en el municipio de Jocotán, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Identificación	Aflatoxina (PPB)	Ocratoxinas (PPB)	Fumonisinias (PPM)	DON (PPM)
JC 1	7.18	2.52	0.21	0.22
JC 2	12.91			
JC 3	9.84			
JC 4	6.15			
JC 5	10.18	3.15	1.12	0.16
JC 6	12.77			
JC 7	9.82			
JC 8	15.16			
JC 9	11.71			
JC 10	10.84			
JC 11	14.53	2.29	1.31	0.13
JC 12	11.08			
JC 13	8.94			
JC 14	14.22			
JC 15	16.07			
JC 16	9.71	3.88	0.94	0.18
JC 17	11.62			
JC 18	13.88			
JC 19	10.17			
JC 20	13.41	3.67	1.62	0.15
JC 21	9.81			
JC 22	14.94			
JC 23	16.27			
JC 24	13.12			
JC 25	10.93			

Cuadro 17. Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (*Z. mays* L.) en etapa de consumo en el municipio de Camotán, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Identificación	Aflatoxina (PPB)	Ocratoxinas (PPB)	Fumonisin (PPM)	DON (PPM)
CM 1	3.91	2.36	0.47	2.36
CM 2	4.15			
CM 3	7.87			
CM 4	5.13			
CM 5	12.82	4.71	0.78	0.13
CM 6	10.84			
CM 7	6.77			
CM 8	8.19			
CM 9	11.14			
CM 10	7.11			
CM 11	12.94			
CM 12	9.25			
CM 13	8.91			
CM 14	11.18			
CM 15	13.26			
CM 16	9.92	3.94	0.71	0.98
CM 17	4.29			
CM 18	8.43			
CM 19	10.32			
CM 20	16.15			
CM 21	7.88			
CM 22	11.64			
CM 23	10.43			
CM 24	9.97			
CM 25	6.45	2.86	0.72	0.43
CM 26	8.14			
CM 27	12.76			
CM 28	9.11			
CM 29	10.66			
CM 30	4.82			
CM 31	11.71			
CM 32	17.04			
CM 33	15.55	2.04	0.39	1.84
CM 34	8.79			
CM 35	7.14			

Cuadro 18. Resultados del laboratorio de determinación de micotoxinas en muestras de maíz (*Z. mays* L.) en etapa de consumo en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Identificación	Aflatoxina (PPB)	Ocratoxinas (PPB)	Fumonisinias (PPM)	DON (PPM)
SJ 1	10.94			
SJ 2	7.41			
SJ 3	8.48	1.83	0.31	0.32
SJ 4	6.27			
SJ 5	7.22	2.11	0.36	0.22
SJ 6	10.84			
SJ 7	11.15			
SJ 8	8.16			
SJ 9	14.57			
SJ 10	7.92			
SJ 11	15.65			
SJ 12	12.11			
SJ 13	9.47			
SJ 14	8.55			
SJ 15	11.72			
SJ 16	14.63			
SJ 17	7.82			
SJ 18	16.06	3.55	2.02	0.27
SJ 19	11.47			
SJ 20	10.09			
SJ 21	9.11			
SJ 22	14.72			
SJ 23	9.16			
SJ 24	16.82			
SJ 25	15.71	3.11	0.94	0.43
SJ 26	11.43			
SJ 27	9.88			
SJ 28	8.14			
SJ 29	8.73			
SJ 30	11.64			
SJ 31	7.93			
SJ 32	10.12			
SJ 33	9.81	2.83	1.15	0.28
SJ 34	16.42			
SJ 35	13.08			
SJ 36	10.43			

En la etapa de consumo, en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, para Aflatoxinas se obtuvo una media de 11.81, 9.56 y 10.94, con una desviación estándar de 2.65, 3.31 y 2.95, valores mínimos de 6.15, 3.91 y 6.27, y valores máximos de 16.27, 17.04 y 16.82, respectivamente.

Para Ocratoxinas, en Jocotán, Camotán y San Juan Ermita se encontró una media de 3.10, 3.18 y 2.69, con una desviación estándar de 0.69, 1.12 y 0.71, con valores mínimos de 2.29, 2.04 y 1.83, y valores máximos de 3.88, 4.71 y 3.55, para cada municipio respectivamente.

Las muestras analizadas para Fumonisinás mostraron una media de 1.04, 0.61 y 0.96, con una desviación estándar de 0.53, 0.17 y 0.70, con valores mínimos de 0.21, 0.39 y 0.31 y valores máximos de 1.62, 0.78 y 2.02, para los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, respectivamente.

Por último, la media de Deoxinivalenol fue de 0.17, 1.15 y 0.30, con desviación estándar de 0.03, 0.94 y 0.08, con valores mínimos de 0.13, 0.13 y 0.22 y valores máximos de 0.22, 2.36 y 0.43, para los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, respectivamente.

De acuerdo con la información obtenida en los análisis para determinar la presencia de micotoxinas, se rechaza la hipótesis planteada en la investigación, ya que se pudo determinar que el 100% de las muestras presentaron micotoxinas durante la tapisca, almacenamiento y consumo.

Cuadro 19. Datos mínimos, medios y máximos de micotoxinas en muestras de maíz (*Z. mays* L.) en etapa de consumo en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, 2018.

	Aflatoxinas (ppb)			Ocratoxinas A (ppb)			Fumonisinias (ppm)			Deoxinivalenol (ppm)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
Jocotán	6.15	11.81	16.27	2.29	3.10	3.88	0.21	1.04	1.62	0.13	0.17	0.22
Camotán	3.91	9.56	17.04	2.04	3.18	4.71	0.39	0.61	0.78	0.13	0.30	2.36
San Juan Ermita	6.27	10.94	16.82	1.83	2.69	3.55	0.31	0.96	2.02	0.22	0.30	0.43

6.4. Niveles de micotoxinas presentes en la producción, almacenamiento y consumo de maíz

Los resultados del estudio muestran que el 100% de las muestras tomadas estaban contaminadas con Aflatoxinas, Ocratoxinas, Fumonisinias y Deoxinivalenol.

En la Normativa Coguanor NGO 34 047, podemos observar que se considera un producto riesgoso para el consumo, si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos siendo de 20 partes por billón (ppb) para Aflatoxinas, mientras que para Fumonisinias y Deoxinivalenol (DON) los niveles de rechazo son de dos partes por millón (ppm) establecidos por la Organización Mundial de Salud –OMS- y para Ocratoxinas son establecidas por la Organización Internacional del Café –OIC- en cinco ppb.

Según Borutova (2017), un nivel medio de micotoxinas se da cuando éstas se encuentran en límites detectables, pero por debajo de las recomendaciones del ente regulador. Por lo que se puede deducir que un nivel bajo sería aquel donde los niveles no son detectables, mientras que un nivel alto es aquel donde los límites detectables superan los niveles máximos permitidos por el ente regulador.

Tomando en cuenta lo anterior, en la etapa de tapisca se observa que de los municipios bajo estudio, únicamente en Jocotán se presentó que para Aflatoxinas, un 20% de las muestras de grano de los productores tienen un nivel alto de presencia, mientras que el 80% restante se encuentra con un nivel medio. Para las Fumonisinias se determinó que en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, el 75%, 20% y 100% respectivamente, se encuentra con un nivel alto de presencia y el restante con un nivel medio; en cuanto a la Ocratoxinas y Deoxinivalenol, los niveles de presencia en un 100% fue con un nivel medio.

Así mismo, durante la etapa de almacenamiento, se determinó que para Jocotán en cuanto a los niveles de Aflatoxinas, el 8% tienen un nivel alto y el restante 92% se encuentra con un nivel medio. Para Ocratoxinas y Fumonisinias el 20% tiene niveles altos y el restante 80% cuentan con un nivel medio.

En Camotán, el 60%, 40% y 28.57%, para Aflatoxinas, Ocratoxinas y Fumonisinias respectivamente, poseen un nivel alto de presencia de micotoxinas. En San Juan Ermita, el 25% para Aflatoxinas, 40% para Ocratoxinas y 20% para Fumonisinias, son consideradas con niveles altos de micotoxinas por encontrarse por encima de los niveles de rechazo. Cabe resaltar en esta etapa de muestreo los niveles de Deoxinivalenol en el 100% de las muestras analizadas de los 3 municipios el nivel de presencia de micotoxinas es medio.

Por último, las muestras obtenidas en la etapa de consumo en los 3 municipios, muestran que los valores de las Aflatoxinas y Ocratoxinas, después del proceso de nixtamalización el nivel de presencia de estas micotoxinas fue medio, mientras que para Fumonisinias se encontró que el 20% de las muestras de San Juan Ermita (6.67% del total) son considerados no aptas para el consumo humano por encontrarse por encima de los niveles de rechazo o con un nivel alto de presencia de micotoxinas, al igual que Deoxinivalenol en el municipio de Camotán.

6.5. Discusión de resultados

Para este estudio se realizó la elección al azar de 96 productores distribuidos en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, que proporcionarían las muestras de grano de maíz en la etapa de tapisca, almacenamiento y consumo; con el fin de determinar si dentro de éstas existe presencia de Aflatoxinas, Ocratoxinas, Fumonisinias y Deoxinivalenol.

Al observar los resultados en la etapa de tapisca del inciso 6.3.1 se determinó que el 100% de las muestras de maíz obtenidas en esta etapa mostraron presencia de micotoxinas en los 3 municipios bajo estudio.

Los resultados obtenidos reflejan que en la etapa de tapisca, en Aflatoxinas un total de 5 muestras de 96 sobrepasan las 20 ppb, para Ocratoxinas y Deoxinivalenol no se encontraron muestras que sobrepasen los límites de cinco ppb y dos ppm, y para Fumonisinias un total de 14 muestras de 19 sobrepasaron el límite de dos ppm.

Con los niveles encontrados en la etapa de tapisca, se comprueba que las especies de hongos productoras de micotoxinas contaminan el grano cuando es cultivado en condiciones adecuadas para su desarrollo, siendo un tiempo caluroso y seco, con temperaturas entre los 10 y 37°C para el desarrollo del hongo y producción de la micotoxina.

Además, a lo mencionado antes se le debe añadir que en promedio entre la dobla y la tapisca transcurrió un mes, por lo que las mazorcas estuvieron expuestas a diversas condiciones ambientales, estrés hídrico durante la etapa productiva del cultivo, al ataque de plagas y enfermedades, siendo factores que favorecen el desarrollo de los hongos productores de micotoxinas (Martínez Padrón HY, Hernández Delgado S, Reyes Méndez CA y Vázquez Carrillo G. 2013).

Al observar los resultados obtenidos para Aflatoxinas durante el almacenamiento y compararlos con los obtenidos durante la tapisca, se puede notar que en los municipios de Camotán y San Juan Ermita, con una significancia del 5% hubo un aumento significativo de los niveles de Aflatoxinas, siendo mayores en la etapa de

almacenamiento, comprobando que durante esta etapa de manejo postcosecha las Aflatoxinas pueden aumentar el doble del contenido inicial (Colmenares 2016). En el cuadro 20 se muestran los resultados de la prueba T utilizada para realizar el análisis.

Cuadro 20. Resultados de la prueba T utilizada para comparar los niveles de Aflatoxinas en la etapa de tapisca y almacenamiento, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Municipio	Obs(1)	Obs(2)	N	Media(1)	Media(2)	T	Bilateral
Camotán	Aflatoxinas tapisca	Aflatoxinas almacenamiento	35	2.68	31.79	-7.02	<0.0001
Jocotán	Aflatoxinas tapisca	Aflatoxinas almacenamiento	25	10.79	5.83	1.89	0.0713
San Juan Ermita	Aflatoxinas tapisca	Aflatoxinas almacenamiento	36	6.59	11.22	-2.65	0.0121

La prueba muestra que únicamente en el municipio de Jocotán no se dio un aumento significativo, mientras que Camotán y San Juan Ermita aumentaron significativamente, siendo mayo en la etapa de almacenamiento con una media general de 16.28, mientras que en la tapisca fue de 6.69.

Así mismo, se observó un aumento de los niveles de Ocratoxinas A, siendo mayor la media de la etapa de almacenamiento al comparar con la tapisca con 2.11 y 1.83 ppb, respectivamente. Con la micotoxina Deoxinivalenol no se observaron diferencias significativas en los niveles encontrados en ambas etapas.

Para Fumonisinás hubo una disminución en la etapa de almacenamiento, comparada con la etapa de tapisca donde se encontró que el 74% de las muestras mostraban niveles superiores a dos ppm, mientras que durante el almacenamiento únicamente el 23% superaron los niveles permitidos; esto se pudo deber a que el género *Fusarium* se considera predominantemente hongos de campo, Sumalan (2013) citado por López (2013) y, además, durante el almacenamiento se reducen las concentraciones de oxígeno y aumento de la temperatura, provocando una reducción de la frecuencia de *Fusarium* (Castellari 2018).

Según Lacey (1980) citado por Quiel (1994), entre las principales condiciones que influyen en el desarrollo de hongos en el almacén de los granos son el contenido de humedad, la temperatura, el período o tiempo de almacenamiento, el grado de invasión por hongos de almacén que presente el grano a su arribo y la actividad de insectos.

Al analizar cada uno de los factores mencionados antes, el contenido de humedad es el de mayor importancia, y que contenidos de humedad superiores al 13% favorecen el desarrollo de hongos, según Christensen (1964) citado por Quiel (1994). Tomando en cuenta esto, las muestras donde hubo un incremento en los niveles de Aflatoxinas durante el almacenamiento muestran una humedad del grano superior al 12.8% con una media de 13.47%.

Además, durante el almacenamiento existe una alta probabilidad de una mayor humedad del grano, debido a que este absorbe oxígeno del aire provocando que consuma carbohidratos de su estructura liberando calor; lo que provoca una respiración más rápida ya que el grano está caliente y húmedo, lo que hace que los cambios de temperatura provoquen modificaciones que intensifican las variaciones de la humedad relativa del grano y de esta manera, se modifica el equilibrio de aireación.

El período de almacenamiento es otro de los factores importantes en el desarrollo de hongos en el almacén. Se encontró que el tiempo de almacenamiento en los municipios bajo estudio varía desde los 0 a 193 días y al realizar un análisis de correlación de Pearson con una significancia del 5% no se encontró significancia por lo que se descarta que el tiempo de almacenamiento haya influido directamente en el aumento de los niveles presentados.

Otros factores que influyen son el grado de invasión de hongos de almacén al momento del arribo del grano y la actividad de insectos. Al momento de la toma de las muestras se encontró que el 50% tenía presencia de moho previo al almacenamiento y al realizar la comparación se encontró que las muestras que no presentaron moho mostraron una media más alta.

Una vez analizados los factores intrínsecos que favorecen el desarrollo de hongos, queda analizar los factores extrínsecos como la temperatura ambiental en los municipios bajo estudio durante los meses donde las familias almacenan el grano de maíz, siendo los meses de noviembre a enero. Durante estos meses la temperatura en la región mostró temperaturas mínimas de 11.8°C registrada en el mes de diciembre y máxima de 29.1°C registrada en el mes de enero.

Se sabe que los principales hongos que producen micotoxinas pertenecen a los géneros *Aspergillus* (Aflatoxinas), *Penicillium* (Ocratoxinas A) y *Fusarium* (Fumonisin y Deoxinivalenol) (FAO, 2003); y Moreno (1979) citado por Quiel (1994), reportó a estos hongos como productores de toxinas en diferentes granos almacenados, a una temperatura del 12 a 42°C, con un óptimo de 25 a 32°C. Por tanto, se puede decir que los factores que propiciaron al aumento de los niveles de Aflatoxinas, durante el almacenamiento fueron la humedad del grano (más importante) y la temperatura.

Por último, los resultados obtenidos en la última etapa del muestreo, correspondiente al consumo, muestran que los resultados bajaron significativamente, al ser comparados con los obtenidos en la etapa de almacenamiento, con una significancia del 5% se determinó que hubo una disminución significativa de los niveles de Aflatoxinas, siendo mayores en la etapa de almacenamiento. En el cuadro 21 se muestran los resultados de la prueba T utilizada para realizar el análisis.

Cuadro 21. Resultados de la prueba T utilizada para comparar los niveles de Aflatoxinas en la etapa almacenamiento y consumo, Chiquimula, Guatemala, 2018.

Municipio	Obs(1)	Obs(2)	N	Media(1)	Media(2)	T	Bilateral
Camotán	Aflatoxinas almacenamiento	Aflatoxinas consumo	35	31.79	9.56	5.22	<0.0001
Jocotán	Aflatoxinas almacenamiento	Aflatoxinas consumo	25	5.83	11.81	-3.45	0.0021
San Juan Ermita	Aflatoxinas almacenamiento	Aflatoxinas consumo	36	11.22	10.94	0.16	0.8764

Se puede observar en el cuadro que luego del proceso de nixtamalización, los niveles de Aflatoxinas disminuyeron significativamente, siendo menores luego de este proceso. Así mismo, los niveles de Ocratoxinas, Fumonisinias y Deoxinivalenol disminuyeron, de tal manera que únicamente el 6.67% de las muestras analizadas superó los niveles máximos permitidos para Fumonisinias y Deoxinivalenol.

Los resultados demuestran también que la nixtamalización reduce considerablemente los niveles de micotoxinas, principalmente Aflatoxinas, ya que durante el almacenamiento las muestras de grano obtenidas mostraron una media de 16.28 ppb y luego del proceso de nixtamalización bajaron a 10.77 ppb, pudiendo determinar que la efectividad de la nixtamalización fue de 38.42% (promedio) para la reducción de los niveles de Aflatoxinas.

Ahora bien, al tomar el valor máximo encontrado durante la etapa de almacenamiento fue de la muestra cm21 con 88.44 ppb, y luego del proceso de nixtamalización hubo una disminución del 91.01%, así mismo la muestra cm27 tuvo una disminución del 84.08% en los niveles de Aflatoxinas.

La disminución de los niveles de Aflatoxinas por la nixtamalización realizada por las familias de los municipios bajo estudio concuerda con lo mencionado por Méndez (2009) donde la nixtamalización tradicional es capaz de destruir el 85% de las Aflatoxinas presentes en el maíz y Anguiano (2005) estableció que la nixtamalización tradicional es capaz de disminuir hasta un 96% de efectividad.

7. LINEAMIENTOS GENERALES PARA MINIMIZAR EL EFECTO DE LAS MICOTOXINAS SOBRE LA SALUD DE LAS FAMILIAS.

La presencia de hongos no necesariamente implica la producción de micotoxinas, sin embargo, puede que haya persistencia de micotoxinas aún en ausencia de hongos. Cada género de hongo puede generar diferentes tipos de micotoxinas, de la misma forma que un determinado tipo de micotoxina puede ser producida por diferentes especies de hongos (Roskopf et. al. 2017).

Una vez producida la contaminación, las micotoxinas son muy estables y de difícil eliminación por lo que se deben tomar medidas preventivas a fin de producir granos y alimentos aptos para el consumo y reducir el impacto económico en la cadena de producción (Roskopf et. al. 2017).

7.1. Prevención en la producción a campo

Según Denli (2002), citado por Vega (2012), establece que la mejor manera de evitar la contaminación con Aflatoxinas es tomando precauciones desde el campo. Sin embargo, en la práctica es difícil controlar factores ambientales como la temperatura y la humedad de los cultivos.

Roskopf (2017) argumenta que, los hongos productores de micotoxinas tienden a invadir los tejidos menos vigorosos o que han empezado un proceso de deterioro, por lo que las buenas condiciones del cultivo logradas mediante el ajuste de la fecha de siembra, densidad, fertilidad o irrigación crearán un ambiente poco propicio para el desarrollo de micelio y reducirán la probabilidad de que ocurran focos de contaminación. Además, las buenas prácticas de cultivo minimizan la probabilidad de ocurrencia de estrés severo en las que algunos hongos responden produciendo altos niveles de micotoxinas.

Vega (2012), establece varias estrategias agronómicas para disminuir la contaminación de las cosechas con micotoxinas:

- ✓ Reducción del estrés sufrido por las plantas.
- ✓ Manejo de datos epidemiológicos, de las condiciones del suelo y de riesgos.
- ✓ Manejo adecuado de restos de cultivos, malezas y rotación de cultivos
- ✓ Uso de fungicidas y fungistáticos.
- ✓ Uso de variedades resistentes.
- ✓ Control de insectos.

FAO (2016), establece las siguientes prácticas para prevenir y reducir la contaminación de los cereales por micotoxinas durante la etapa productiva:

- ✓ Cuando sea posible y práctico, conviene utilizar semillas certificadas libres de hongos toxigénicos y preparar el lecho para las semillas de cada nuevo cultivo enterrando, destruyendo o retirando las espigas y los tallos viejos, así como otros residuos que puedan haber servido o puedan servir de sustratos para la proliferación de hongos productores de micotoxinas.
- ✓ Utilizar los resultados de los análisis del suelo para determinar si es necesario aplicar fertilizantes o acondicionadores del suelo para asegurar que su pH y la nutrición de las plantas sean adecuados, a fin de evitar presiones sobre las plantas, especialmente en la etapa de desarrollo de las semillas durante el crecimiento de los cultivos.
- ✓ Siempre que sea práctico, la siembra deberá programarse para evitar temperaturas elevadas y sequía durante el desarrollo y maduración de las semillas. Podrían usarse modelos predictivos, si los hay disponibles, como instrumento para planificar el mejor momento para la siembra.
- ✓ Garantizar una adecuada densidad de siembra manteniendo entre las hileras y entre las plantas las distancias recomendadas para las especies y variedades que se estén cultivando.

7.2. Prevención durante la cosecha

Para prevenir la colonización de hongos e insectos durante la cosecha es necesario mantener los granos enteros, ya que al encontrarse los granos quebrados facilitan la colonización de hongos e insectos. Al mantenerlos enteros, sin roturas visibles o fisuras ayuda a minimizar la contaminación con micotoxinas.

Durante la cosecha, la tolerancia de grano partido no debería ser solamente la norma de comercialización para cada grano, si no la mínima posible que me permita realizar una cosecha eficiente con bajas pérdidas manteniendo la integridad del grano (Roskopf 2017).

Una estrategia agronómica para la reducción de las micotoxinas es la de cosechar al punto de madurez fisiológica evitando dejar el grano en campo más tiempo del necesario (Vega 2012).

Así mismo, FAO (2016) para prevenir y disminuir la contaminación con micotoxinas propone tomar en cuenta antes de la cosecha las siguientes prácticas:

- ✓ Siempre que sea posible, reducir al mínimo los daños provocados por insectos y por infecciones fúngicas en las proximidades del cultivo, mediante el uso apropiado de plaguicidas aprobados y otras prácticas idóneas comprendidas en un programa de lucha integrada contra las plagas.
- ✓ Combatir las malezas en los cultivos con métodos mecánicos, herbicidas registrados u otras prácticas inocuas y adecuadas para deshierbar, con un programa de gestión integrada de plagas.

- ✓ Minimizar los daños mecánicos a las plantas durante el cultivo, el riego y las prácticas de gestión de plagas.
- ✓ Si se utiliza riego, es necesario asegurar que se aplique de manera uniforme y que todas las plantas reciban un suministro adecuado de agua. El riego es un método valioso para reducir las presiones sobre las plantas en algunas situaciones agrícolas.
- ✓ Programar la cosecha en condiciones de poco contenido de humedad y plena madurez del cultivo, a menos que permitirle seguir hasta su plena madurez lo sometiera a condiciones extremas de calor, lluvia o sequía.
- ✓ Si se dispone de equipos de secado mecánico, cosechar pronto puede ayudar a limitar la producción de micotoxinas durante las últimas etapas de maduración de la cosecha.

7.3. Prevención durante el almacenamiento

El almacenamiento de los granos secos, por debajo de la humedad de recibo y a baja temperatura, son las principales herramientas para minimizar el desarrollo de hongos y la consiguiente producción de micotoxinas en esta etapa (Roskopf 2017).

FAO (2016), establece los siguientes criterios para prevenir o disminuir la contaminación con micotoxinas durante el almacenamiento de granos:

- ✓ Es muy importante asegurar que los niveles de humedad del cereal cosechado sean lo suficientemente bajos para permitir un almacenamiento inocuo, incluso por períodos de tiempo relativamente breves, que van desde unos días a varios meses. Un nivel máximo de 15% de humedad generalmente se considera suficientemente bajo para

evitar la formación de hongos toxigénicos antes de la cosecha y la germinación de las esporas de los hongos que suelen infectar los cereales y producen micotoxinas durante el almacenamiento, como el *Penicillium*.

- ✓ Los cereales recién recogidos deben secarse de inmediato, de tal manera que sufran el menor daño posible y que el contenido de humedad sea inferior al 13% para impedir que se formen hongos durante el almacenamiento.
- ✓ El secado al sol y el aire libre deberá hacerse sobre superficies limpias; en la medida de lo posible. Los cereales deberán protegerse de la lluvia, el rocío, el suelo, las plagas, los excrementos de aves y otras fuentes de contaminación durante este proceso. Para un secado más uniforme y más rápido, mezclar o remover los cereales con frecuencia en capas delgadas.
- ✓ Es importante que los recipientes, los silos o cualquier estructura, destinados al almacenamiento de cereales sean estructuras secas y bien ventiladas que proporcionen protección contra la lluvia, la condensación de humedad, y la entrada de roedores, aves e insectos, que no sólo contaminan el grano, sino que dañan los granos y los vuelven más susceptibles de infección por mohos. Idealmente, las estructuras de almacenamiento deben estar diseñadas para reducir al mínimo grandes fluctuaciones en la temperatura del cereal almacenado.
- ✓ En los productos ensacados, asegurar que los sacos estén limpios, secos y apilados sobre plataformas, o que haya una capa impermeable al agua entre los sacos y el suelo. Las bolsas deben facilitar la ventilación y deben ser de materiales no tóxicos y de grado alimentario, que no atraigan insectos o roedores y sean lo suficientemente fuertes para resistir el almacenamiento durante largos períodos de tiempo.

7.4. Prevención durante el consumo

Según Anguiano (2005), citado por Vega (2012), establece que la nixtamalización es un proceso tradicional, cuya alcalinidad ha demostrado que es capaz de reducir hasta un 96% las concentraciones con Aflatoxina, incluso en maíz altamente contaminado.

También Zakhira-Rozis (2007), Ellis (1991) y Samarajeewa (1990), citados por Vega (2012) establecen que el uso de amoníaco, peróxido de hidrógeno, ozono, peroxidasa, hipoclorito de sodio, metanol, aldehídos, peróxido de benzoilo, permanganato de potasio, etc. ayudan a eliminar las Aflatoxinas, pero muchas de estas sustancias pueden tener efectos negativos en la salud humana o bien degradar la calidad alimentaria.

Según Anguiano (2005), no se debe alimentar animales de granja con grano de maíz sin cocer (nixtamalizar), debido a que la contaminación de micotoxinas en el grano crudo es mayor y puede ser perjudicial para la salud del consumidor de los productos y subproductos derivados de los animales.

8. CONCLUSIONES

- ✓ En el análisis realizado a través de este estudio, se determinó que el 100% de las muestras de grano de maíz recolectadas en la etapa de tapisca, almacenamiento y consumo en los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita del departamento de Chiquimula, se encuentran contaminadas con Aflatoxina, Ocratoxina, Fumonisina, Deoxinivalenol.
- ✓ En la etapa de tapisca el 5.20, 0, 73.68 y 0% de las muestras de maíz recolectadas, presentaron Aflatoxinas, Ocratoxinas, Fumonisinas y Deoxinivalenol respectivamente, los valores de Aflatoxinas y Fumonisinas encontrados se consideran como niveles altos de contaminación, ya que sobrepasan los límites establecidos por las Normas Coguanor NGO 34 047 y OMS en su orden.
- ✓ En la etapa de almacenamiento las muestras de grano maíz presentaron en los resultados del laboratorio alta presencia de contaminación con Aflatoxinas (33.33%), Ocratoxinas (33.33%) y Fumonisinas (23.53%), mientras que Deoxinivalenol (0%) se encuentre en un nivel bajo (aceptable). Se observó que los niveles de micotoxinas aumentan significativamente durante el almacenamiento del grano, principalmente por factores como el porcentaje de humedad a la que se almacena y la temperatura ambiental durante este período.
- ✓ En la etapa de consumo se encontró que un 6.67% de las muestras presentan un nivel alto de contaminación de Fumonisinas. En el 100% de las muestras se encontró un nivel medio de contaminación por Aflatoxinas, Ocratoxinas y Deoxinivalenol; esto debido a que durante el proceso de nixtamalización disminuyen los niveles de micotoxinas en un promedio de 38%, principalmente por la utilización de cal hidratada (Ca(OH)_2), ya que ésta actúa como un secuestrante durante el proceso de cocción del maíz.

- ✓ El análisis integral de los resultados generados en el estudio permitió formular lineamientos dirigidos a reducir la contaminación con micotoxinas durante la etapa de producción, almacenamiento y consumo de granos de maíz, con la finalidad de contribuir a mejorar la nutrición y salud de las familias del oriente de Guatemala.

9. RECOMENDACIONES

- ✓ Considerando el riesgo y los efectos de consumir maíz contaminado con micotoxinas para la salud humana, utilizar los lineamientos establecidos en este estudio para disminuir los niveles de contaminación.
- ✓ Para disminuir el riesgo de contaminación del maíz por micotoxinas, es aconsejable evitar el estrés del cultivo provocado por sequía, plagas y enfermedades durante la producción, estableciendo sistemas agroforestales y estructuras de conservación de suelo utilizando acequias, barreras vivas o muertas.
- ✓ Continuar con el proceso de investigación relacionado con micotoxinas en granos de maíz, especialmente determinar las variedades utilizadas en la región Ch'orti' que son tolerantes, reducir el período del maíz en el campo y mejorar los sistemas de almacenamiento para reducir la cantidad de contaminación con micotoxinas.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Abastida Ulloa, JA. 1999. Evaluación de la incidencia de Aflatoxinas en dos variedades de maíz (*Zea mays*) en Zamorano (en línea). Tesis Lic. Zamorano, Francisco Morazán, Honduras, UZ. 51 p. Consultado 7 jul. 2017. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1498/3/T937.pdf>
- Agustín Agustín, CF. 2009. Evaluación de la caseta secadora para el manejo post cosecha de maíz *Zea mays* en la comunidad Cedritos Milla Siete, Morales, Izabal (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC. 55 p. Consultado 29 jul. 2017. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2551.pdf
- ANACAFE (Asociación Nacional del Café, Guatemala). s.f. Cultivo de maíz (en línea). Guatemala. Consultado 05 jul. 2017. Disponible en https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo_de_maiz#Dobla
- Anguiano-Ruvalcaba, GL; Verver y Vargas-Cortina, A; Guzmán- De Peña, D. 2005. Inactivación de aflatoxina b1 y aflatoxicol por nixtamalización tradicional del maíz y su regeneración por acidificación de la masa (en línea). Revista Salud Pública de México 47(5):369-375. Consultado 27 ago. 2018. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342005000500007

Barrios Canek, M; Colindres, P; González, FR; Ovando, G; Pérez, Y. 2016. Taller sobre malformaciones congénicas en Guatemala (en línea). Guatemala, URL; Milken Institute School of Public Health. 71 p. Consultado 18 oct. 2017. Disponible en <https://publichealth.gwu.edu/sites/default/files/images/Informe%20Taller%20GUT%20Con%20Anom%20%20Nov%204%202016%201637hrs.pdf>

Borutova, R. 2017. Resultados de los análisis de micotoxinas en el maíz cosechado en la campaña de 2016 (en línea, sitio web). Albéirtar. Consultado 28 ago. 2018. Disponible en: <https://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/15346/id-empresas/resultados-de-los-analisis-de-micotoxinas-en-el-maiz-cosechado-en-la-campana-de-2016.html>

Carrillo, L; Audisio, MC. 2007. Micotoxinas (en línea). *In* Manual de microbiología de los alimentos. San Salvador de Jujuy, Argentina, UNJU, Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Agrarias. p. 89-101. Consultado 10 jul. 2017. Disponible en <http://www.unsa.edu.ar/biblio/repositorio/malim2007/9%20micotoxinas.pdf>

Castellari, C; Marcos Valle, F; Pacín, A. 2018. Maíz en silos bolsa: comportamiento de los hongos micotoxigénicos durante el almacenamiento (en línea, sitio web). Ergomix. Consultado 23 ago. 2018. Disponible en <https://www.ergormix.com/micotoxinas/articulos/maiz-silos-bolsa-comportamiento-t42294.htm>

Colmenares de Ruíz, AS. 2016. Manejo postcosecha de maíz (*Zea mays*) para la reducción de Aflatoxinas y Fumonisin en maíz cultivado y consumido en el departamento de Huehuetenango, Guatemala (en línea). Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala. 21 p. Consultado 22 jul. 2018. Disponible en: <https://publichealth.gwu.edu/sites/default/files/images/Panel%203%204%20Licenciada%20Ana%20Silvia%20Colmenares.pdf>

Elika, Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. 2013. Deoxinivalenol (en línea). España. Consultado 11 sep. 2017. Disponible en: <https://riesgos.elika.eus/wp-content/uploads/2018/01/21.Deoxinivalenol.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. Código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación de los cereales por micotoxinas (en línea). Roma, Italia. Consultado 3 sep. 2018. Disponible en http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/fr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCAC%2BRCP%2B51-2003%252FCXC_051s.pdf

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2003. Manual sobre la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPC) en la prevención y control de las micotoxinas (en línea). Roma, Italia. Consultado 3 jul. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/005/Y1390S/Y1390S00.HTM>

Fuentes López, MR. 2002. El cultivo del maíz en Guatemala una guía para su manejo agronómico (en línea). Guatemala, ICTA. 45 p. Consultado 04 ago. 2017. Disponible en <http://www.funsepa.net/guatemala/docs/cultivoMaizManejoAgronomico.pdf>

Gimeno, A; Martins, ML. 2011. Micotoxinas y micotoxicosis en animales y humanos (en línea). 3 ed. Estados Unidos de América, Special Nutrients, INC. 128 p. Consultado 8 sep. 2017. Disponible en: <http://specialnutrients.com/pdf/book/3%20edicion%20MICOTOXINAS%20LR%20Secure.pdf>

Gómez Grijalva, LA. 2009. Análisis de cinco diferentes micotoxinas en muestras de alimentos terminados para aves de corral, remitidas al laboratorio de ornitopatología y avicultura de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala. período de julio de 2007 a junio de 2008 (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC. 40 p. Consultado 23 jul. 2017. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3372/2/Tesis%20Med%20Vet%20Leonidas%20A%20Gomez%20G.pdf>

González, AL. 2016. Anomalías congénitas (en línea). Prensa Libre, Guatemala; 6 mar. Consultado 2 oct. 2017. Disponible en <http://www.prensalibre.com/anomalias-congenitas>

Herrera Castellanos, M. 2011. Fórmula para cálculo de la muestra poblaciones finitas (en línea). Hospital Roosevelt, Guatemala. Consultado 21 jul. 2017. Disponible en <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>

López Naranjo, LM. 2013. Principales micotoxicosis asociadas al consumo de maíz y sus subproductos (en línea). Tesis Lic. Caldas Antioquía, Colombia. Corporación Universitaria Lasallista. 58 p. Consultado 2 ago. 2018. Disponible en http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1039/1/Principales_micotoxicosis_asociadas_consumo_maiz_subproductos.pdf

Mallmann, CA; Hummes Rauber, R; Giacomini, L. s.f. Factores de formación de las micotoxinas y sus formas de control (en línea). Santa María, Rio Grande do Sul, Brasil, UFSM, LAMIC. 8 p. Consultado 17 jul. 2017. Disponible en <https://www.lamic.ufsm.br/site/publicacoes/category/1-Aflatoxinas?download=30:factores>

Martínez Padrón, HY; Hernández Delgado, S; Reyes Méndez, CA; Vázquez Carrillo, G. 2013. El género aspergillus y sus micotoxinas en maíz en México: problemática y perspectivas (en línea). Revista mexicana de fitopatología 31(2):126-146. Consultado 14 ago. 2018. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000200005

Méndez Albores, A; Moreno Martínez, E. 2009. Aflatoxinas en las tortillas de maíz (en línea, sitio web). Engormix. Consultado 31 jul. 2018. Disponible en <https://www.engormix.com/micotoxinas/articulos/Aflatoxinas-tortillas-maiz-t33027.htm>

Orozco, A. 2014. Secado del maíz no cumple requisitos (en línea). Prensa Libre, Guatemala; 27 abr. Consultado 12 jul. 2017. Disponible en http://www.prensalibre.com/noticias/Secado-maiz-cumple-requisitos_0_1127887252.html

Orozco, A. 2014. Toxina en maíz afecta a la niñez (en línea). Prensa Libre, Guatemala; 28 feb. Consultado 25 jul. 2017. Disponible en http://www.prensalibre.com/noticias/comunitario/Toxina-maiz-afecta-ninez_0_1093090719.html

Presello, D; Fernández, M; Oviedo, S; Iglesias, J; Giomi G; Fauguel C. s.f. Micotoxinas en maíz (en línea). Argentina, INTA. 1 p. Consultado 23 jul. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_micotoxinas_en_maz_trab_2.pdf

Quiel Araúz, PA. 1994. Caracterización de técnicas de manejo postcosecha y presencia de Aflatoxinas en maíz almacenado en sistemas tradicionales y mejorados por pequeños agricultores en dos municipios de Honduras (en línea). Tesis Lic. Zamorano, Honduras, UZ. 222 p. Consultado 15 jun. 2018. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1499/1/CPA-1994-T055>

- Requena, F; Saume, E; León, A. 2005. Micotoxinas: riesgos y prevención (en línea). Revista Zootecnia Tropical 23(4):393-410. Consultado 13 jul. 2017. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692005000400005
- Rivas Cancino, G (trad.). s.f. Aflatoxinas en maíz (en línea). Celaya, Guanajuato, México, INTAGRI. Consultado 11 jul. 2017. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/Aflatoxinas-en-maiz>
- Romagnoli, M; Silva, P. 2016. Las micotoxinas. ¿Qué sabemos sobre esta problemática? (en línea, sitio web). Ergomix. Consultado 14 ago. 2017. Disponible en <https://www.engormix.com/micotoxinas/articulos/las-micotoxinas-que-sabemos-t33038.htm>
- Roskopf, R; Cardoso, L; Iglesias, J; Presello, D. 2017. Micotoxinas en los granos y subproductos: la prevención a campo, en la cosecha y durante el almacenamiento son determinantes (en línea, sitio web). Ergomix. Consultado 3 sep. 2018. Disponible en <https://www.engormix.com/micotoxinas/articulos/micotoxinas-granos-subproductos-prevencion-t40611.htm>
- 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. 83 p. Consultado 13 jun. 2017. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2684.pdf

SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo Camotán, Chiquimula (en línea). Guatemala, SEGEPLAN/DPT. 139 p. Consultado 17 jun. 2017. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/68-chiquimula?download=328:pdm-camotan>

SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo Jocotán, Chiquimula (en línea). Guatemala, SEGEPLAN/DPT. 125 p. Consultado 17 jun. 2017. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/68-chiquimula?download=327:pdm-jocotan>

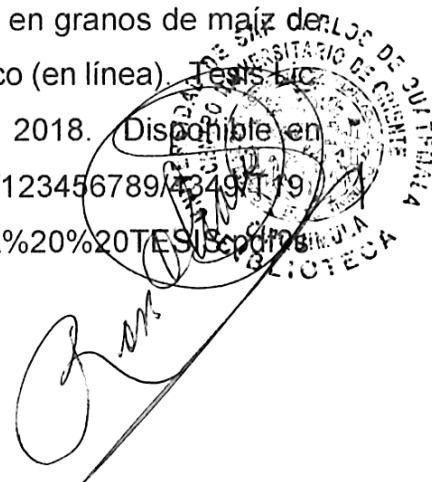
SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo Olopa, Chiquimula (en línea). Guatemala, SEGEPLAN/DPT. 134 p. Consultado 17 jun. 2017. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/68-chiquimula?download=329:pdm-olopa>

SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo San Juan Ermita, Chiquimula (en línea). Guatemala, SEGEPLAN/DPT. 135 p. Consultado 17 jun. 2017. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/68-chiquimula?download=326:pdm-san-juan-ermita>

Torres, OR. 2000. Evaluación de métodos para descontaminar maíz con micotoxinas a nivel del hogar en una comunidad indígena del altiplano de Guatemala (en línea). Guatemala, CONCYT. 104 p. Consultado 05 ago. 2017. Disponible en <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%201998.58.pdf>

Torres, OR. 2013. Determinación, caracterización y evaluación de tipo de Aflatoxinas que influyen en el retardo de talla para edad en niñas de Guatemala (en línea). Guatemala, CONCYT, FONACYT, SENACYT. 109 p. Consultado 03 ago. 2017. Disponible en <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202012.04.pdf>

Vega Ortiz, V. 2012. Hongos micotoxigénicos y aflatoxinas en granos de maíz de diferentes orígenes geográficos de la República de México (en línea). Tesis Lic. Coahuila, México, UAAAN. 79 p. Consultado 3 sep. 2018. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4349/1/298%20%20%20%20VEGA%20ORTIZ,%20VERONICA%20%20TESIS.pdf?sequence=1>



11. ANEXOS

Anexo 1. Boleta de recolección de muestras del grano de maíz.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Boleta No:

MUESTREO PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE MICOTOXINAS EN EL GRANO DE MAÍZ

Nombre del productor		Responsable del muestreo	
Comunidad		Fecha de recolección de la muestra	
Municipio, departamento		Código de la muestra	Fotografía número
Nombre de la variedad criolla		Momento del muestreo (tapisca, almacenamiento, consumo)	
Área que siembra	Fecha de siembra	Ubicación (Coordenadas)	
Origen de la semilla	Humedad del grano	Daño por insectos	Presencia de moho:
Información del manejo postcosecha (2, 3 y 4 llenar en muestreo de tapisca; 5 y 6 llenar en muestreo almacenamiento)			
1. Fecha de dobla, tapisca o almacenamiento		2. Lugar donde se realiza el desgrane	
3. Desgrane del maíz (desgranadora, aporreo)		4. Destino del grano (venta o consumo familiar)	
5. Almacenamiento (granero, costal, barriles, troja)		6. Tratamiento (dosis) del grano en almacenamiento	

Anexo 2. Base de datos de 96 Productores de maíz (*Z. mays* L.) seleccionados para la obtención de muestras de granos en tres etapas (tapisca, almacenamiento y consumo), Chiquimula, Guatemala, 2018.

NOMBRE DEL PRODUCTOR	MUNICIPIO	VARIEDAD	COMUNIDAD
Juana Argentina Vásquez Alonso	San Juan Ermita	criollo	Veguitas
Oscar Aníbal Pasos Lemus	San Juan Ermita	criollo	Los Planes
Benjamína Alonso Méndez	San Juan Ermita	criollo	El Coco
José Alejandro Roque Pérez	San Juan Ermita	criollo	Carrizal
Samuel Pérez	San Juan Ermita	criollo	Carrizal
Víctor Hugo Campos Vargas	San Juan Ermita	criollo	Minas Abajo
José Vicente Lemus Villeda	San Juan Ermita	criollo	Chancó
Maura Ramos Quilimaco	San Juan Ermita	criollo	Chancó
Lucas Guerra	San Juan Ermita	criollo	Mojón
Hercilia Ramírez Guerra	San Juan Ermita	criollo	Mojón
Saturnino Escalante García	San Juan Ermita	criollo	Magueyal
Angel Miguel Gutiérrez Díaz	San Juan Ermita	criollo	Tasharjá Arriba
Julián Gutiérrez	San Juan Ermita	criollo	Tasharjá Arriba
Heydi Elvira de la Cruz Roque	San Juan Ermita	criollo	Tasharjá Centro
Gerardo López Vásquez	San Juan Ermita	criollo	Los López
Marcelino López Cazanga	San Juan Ermita	criollo	Los López
Blanca Olivia Nufio	San Juan Ermita	Elote Canche 3 meses	Pinalito
Jorge Adalberto Vásquez Díaz	San Juan Ermita	Máquina	Buena Vista
Alejandro Vásquez	San Juan Ermita	Arrequín 3 meses	Buena Vista
Aquilino Jesús García	San Juan Ermita	maíz de piedra	Buena Vista
Héctor Orlando Campos Campos	San Juan Ermita	hb-blanco seleccionado 15 años	Minas Abajo
Raúl de Jesús Lemus Campos	San Juan Ermita	arrequín	Minas Abajo
Armando Campos Méndez	San Juan Ermita	arrequín	Minas Abajo
Trinida Campos Jordán	San Juan Ermita	arrequín	Minas Abajo
Ramiro Martinez	San Juan Ermita	maíz de cal	Ticanlú
Luis Alfonso Pinto Guerra	San Juan Ermita	ICTA B1	Ticanlú

Guillermo Lemus	San Juan Ermita	Arrequín	Corral de piedra
Mynor Danilo Zacarías Martínez	San Juan Ermita	arrequín	Corral de piedra
Juan José Acevedo Villagrán	San Juan Ermita	arrequín	Corral de piedra
Rosendo Ramos	San Juan Ermita	ICTA	Corral de piedra
Francisco Lemus Duarte	San Juan Ermita	Valle verde	Ticanlú
Antonio Méndez	San Juan Ermita	criollo	Ticanlú
Francisco Lemus Zacarías	San Juan Ermita	ICTA	Ticanlú
Carlos Enrique Lemus	San Juan Ermita	ICTA	Ticanlú
Isaac Martínez Ramos	San Juan Ermita	ICTA	Ticanlú
Alfonso Reyes Gutiérrez	San Juan Ermita	ICTA	Vivienda nueva los planes
Eris Daniel Pérez Mendoza	Camotán	criollo	Pajcó
Lorenza Mendoza Hernández	Camotán	criollo	Pajcó
Edgar Obdulio Ramírez	Camotán	criollo	Murul, Shupá
Coronado Carranza	Camotán	criollo	Murul, Shupá
Daniel Esquivel Amador	Camotán	criollo	Shupá, Rebalsa
Remigio Interiano	Camotán	criollo	Lantiquín
Toribio Nájera	Camotán	criollo	Lantiquín
Camilo García García	Camotán	criollo	Lantiquín
Rolando García Ramírez	Camotán	criollo	Cañón, Tisipe
Claudio Amador	Camotán	criollo	Talco, Tisipe
Santiago García	Camotán	criollo	Tirra Blanca, Tisipe
Maripol Aldana Recinos	Camotán	criollo	Nearar, Camotán
Cecilio Aldana	Camotán	criollo	Nearar, Camotán
Mario Ávalos	Camotán	criollo	Petentá, Nearar
Juana Ávalos	Camotán	criollo	Lela Centro
Francisco Oliverio Ávalos	Camotán	criollo	Palo Verde 2 Centro
Marco Gutiérrez	Camotán	criollo	Lela Obraje
Eduviges Guerra Raymundo	Camotán	criollo	Caserío Ojo de Agua
Petronilo Pérez	Camotán	criollo	Descombro
Onofre Raymundo	Camotán	criollo	Limar, Lela Chanco
Héctor Ovidio Vásquez	Camotán	criollo	E Limar, Lela Chancó
Máximo Amador	Camotán	h-s	E Limar, Lela Chancó
Pedro Pérez López	Camotán	h-s	Los Hernández
Aureliano García	Camotán	h-s	Los Hernández
Vicente García	Camotán	criollo	la laguna volcán
Guillermo Ramírez	Camotán	Valle verde	Caserío Plan del Morro
Natalia Escalante	Camotán	criollo	Caserío Ushurjá
jesús Guerra Raymundo	Camotán	criollo	La quesera

Ladislao Guerra	Camotán	criollo	El Despoblado
Cristóbla López Guerra	Camotán	criollo	La Libertad
Everilda Gutiérrez	Camotán	criollo	La Libertad
Carlos López	Camotán	criollo	La Libertad
Laureano García	Camotán	criollo	Barrio San Antonio
Edvin Noé Avila	Camotán	criollo	Barrio San Antonio
Julia Díaz	Camotán	Arrequín 15	Lantiquín
Jorge Pérez García	Jocotán	Arrequín	Escobillal
Marcelino García	Jocotán	ICTA B7	Escobillal
Arnoldo Pérez Díaz	Jocotán	Valle verde	Oquén
Arturo González Pérez	Jocotán	elote canche 2 meses 20	Oquén
Gilberta Díaz	Jocotán	Arrequín	Tunucó
María Ramírez García	Jocotán	Arrequín	La Criba, Tunucó Arriba
Pedro de Rosa Pérez	Jocotán	maíz chacapeño	las flores
Olga de María Monroy Monroy	Jocotán	maíz chacapeño	las flores
Belizario Súchite García	Jocotán	maíz de cal	Palmar, Guareruche
Isamael Díaz García	Jocotán	Arrequín	Pinalito, Suchiquer
Pedro Ramírez	Jocotán	arrequín 3 meses	Pinalito, Suchiquer
Raúl Antonio Díaz Raymundo	Jocotán	maíz de piedra	Pinalito, Suchiquer
Esteban Díaz García	Jocotán	ICTA B7	Pinalito, Suchiquer
José Ramiro Díaz González	Jocotán	arrequín	Pinalito, Suchiquer
Raymundo Vásquez Mejía	Jocotán	Arrequín	Oquén centro
Miriam Mayreli López Súchite	Jocotán	arrequín	Guaraquiche centro
Margarita Pérez Vásquez	Jocotán	Arrequín	Guaraquiche centro
Elvira Martínez	Jocotán	Arrequín	Tierra Blanca, Los Vados
Cristóbal Marcos	Jocotán	Barranqueño	Escobillal
Octavio Gutiérrez Lemus	Jocotán	Guajaqueño	Tesoro Arriba
María Victoria Ramos	Jocotán	Rocameló	Tesoro Arriba
Dolores Alberto Díaz	Jocotán	Máquina	Tesoro Abajo
Amílcar de la Cruz Jordán	Jocotán	criollo	Tesoro Abajo
Rolando de la Cruz García	Jocotán	Máquina	Tesoro Abajo
Martín Ramírez	Jocotán	Cobanero	Tunucó Arriba

Anexo 3. Resultados de análisis de 288 muestras de granos de maíz (*Z. mays* L.) en etapa de tapisca, almacenamiento y consumo respectivamente, proveniente de la región Ch'orti', del departamento de Chiquimula, Guatemala, 2018.



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

INFORME RESULTADOS LABORATORIO MICOTOXINAS

SOLICITUD NO. 7966

Empresa: IICA - CRIA
Dirección: 7a. Avenida 14-44, zona 9 Edif. La Galería 4o. Nivel, Of. 402
Remitido por : Ing. Servio Villela
Teléfonos: 5883-0717/2386-5900
Fecha de ingreso: 09/02/2018
Fecha de egreso: 28/02/2018
Muestra: MAIZ BLANCO JC
Número de muestras enviadas: -25-
Análisis solicitado MICOTOXINAS
Muestra tomada por: CLIENTE.

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisina (PPM)	DON (PPM)
1	JC 1	5.88			
2	JC 2	8.11			
3	JC 3	5.93			
4	JC 4	4.30	2.08	8.69	0.07
5	JC 5	17.81			
6	JC 6	9.14			
7	JC 7	6.84			
8	JC 8	8.10			
9	JC 9	31.12			
10	JC 10	3.42			
11	JC 11	3.83			
12	JC 12	23.15			
13	JC 13	4.21			
14	JC 14	25.32	1.22	3.92	0.04
15	JC 15	7.11			
16	JC 16	8.15			
17	JC 17	38.40			
18	JC 18	6.17			
19	JC 19	5.59	1.79	1.57	0.08
20	JC 20	4.10			
21	JC 21	22.17			
22	JC 22	4.39	2.11	6.81	0.09
23	JC 23	3.88			



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisina (PPM)	DON (PPM)
24	JC 24	5.92			
25	JC 25	6.81			
ULTIMA LINEA					

Método: Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay: Ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas)

CÓDIGO DE SALUD: Cuando las Normas de COGUANOR se encuentran desactualizadas o no contienen los datos para determinación o interpretación de resultados, se toman como referencia las Normas del CODEX ALIMENTARIUS, FDA, OMS, OIC, Union Europea u otras Normas Internacionales.

Aflatoxinas :	El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la Normativa Coguanor NGO 34 047 (20 ppb)
Totales	
Ocratoxina :	El producto se considera de riesgo para consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OIC (5 ppb)
Fumonisina :	El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)
DON :	El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)
(Vomitoxina)	



MYCOTOX LAB.
Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Teléfax: 2485-7128
Tel.: 5206-7173 y 2442-1240


Dra. Sunny Paola Morataya A.
Mycotox Lab.

Condiciones Generales:

Los resultados del presente informe se refieren solo a la o las muestras tal y como fueron recibidas en Mycotox Lab.

Se prohíbe la reproducción parcial, total o cualquier alteración de este informe.

Mycotox Lab No se responsabiliza ni garantiza la procedencia u origen de la o las muestras ingresadas a este laboratorio, así como cualquier aspecto relacionado con la identificación otorgada por el cliente, ya que el cliente es responsable de la toma e identificación de la muestra.

Mycotox Lab respeta la identificación de la muestra otorgada por el cliente para efectos de emisión de resultados únicamente.

Mycotox Lab No se responsabiliza por el uso posterior de estos informes otorgados.

cc/Archivo.

2a. Avenida 33-00, zona 12, Col. El Carmen, Cond. El Carmen Casa No. 4
Telefax 2485-7128, Tel. 2442-1240, Cel. 5206-7173



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

INFORME RESULTADOS LABORATORIO MICOTOXINAS

SOLICITUD NO. 7965

Empresa: IICA - CRIA
Dirección: 7a. Avenida 14-44, zona 9 Edif. La Galería 4o. Nivel, Of. 402
Remitido por : Ing. Servio Villela
Teléfonos: 5883-0717/2386-5900
Fecha de ingreso: 09/02/2018
Fecha de egreso: 28/02/2018
Muestra: MAIZ BLANCO CM
CM 14 MAIZ NEGRO
Número de muestras enviadas: -35-
Análisis solicitado MICOTOXINAS
Muestra tomada por: CLIENTE.

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisina (PPM)	DON (PPM)
1	CM 1	0.45	0.41	1.37	0.10
2	CM 2	3.16			
3	CM 3	4.57			
4	CM 4	1.33			
5	CM 5	3.40			
6	CM 6	2.17			
7	CM 7	1.12			
8	CM 8	3.19			
9	CM 9	0.57		1.68	
10	CM 10	3.14			
11	CM 11	2.08			
12	CM 12	1.72			
13	CM 13	3.84			
14	CM 14	1.37	0.23	6.53	0.04
15	CM 15	1.95			
16	CM 16	2.87			
17	CM 17	3.14			
18	CM 18	4.58	0.31	0.82	0.02
19	CM 19	4.19			
20	CM 20	3.14			
21	CM 21	4.09			
22	CM 22	3.96	1.32	0.45	0.04
23	CM 23	2.27			



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisinina (PPM)	DON (PPM)
24	CM 24	2.60			
25	CM 25	3.44			
26	CM 26	1.73			
27	CM 27	2.86			
28	CM 28	1.77			
29	CM 29	2.04			
30	CM 30	2.41			
31	CM 31	1.90			
32	CM 32	2.11			
33	CM 33	4.32			
34	CM 34	3.78			
35	CM 35	2.54			
ULTIMA LINEA					

Método: Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay: Ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas)

CÓDIGO DE SALUD: Cuando las Normas de COGUANOR se encuentran desactualizadas o no contienen los datos para determinación o interpretación de resultados, se toman como referencia las Normas del CODEX ALIMENTARIUS, FDA, OMS, OIC, Union Europea u otras Normas Internacionales.

Aflatoxinas :	El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la Normativa Coguanor NGO 34 047 (20 ppb)
Totales	
Ocratoxina :	El producto se considera de riesgo para consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OIC (5 ppb)
Fumonisinina :	El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)
DON :	El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)
(Vomitoxina)	



MYCOTOX LAB.
Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Telefax: 2405-7128
Tel.: 5205-7173 y 2442-1240

Dra. Sunny Paola Morataya A.
Mycotox Lab.

**MYCOTOX LAB.**Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros**INFORME RESULTADOS LABORATORIO
MICOTOXINAS****SOLICITUD NO. 7967**

Empresa: IICA - CRIA
Dirección: 7a. Avenida 14-44, zona 9 Edif. La Galería 4o. Nivel, Of. 402
Remitido por : Ing. Servio Villela
Teléfonos: 5883-0717/2386-5900
Fecha de ingreso: 09/02/2018
Fecha de egreso: 28/02/2018
Muestra: MAIZ BLANCO SJ
Número de muestras enviadas: -36-
Análisis solicitado MICOTOXINAS
Muestra tomada por: CLIENTE.

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisinina (PPM)	DON (PPM)
1	SJ 1	6.42			
2	SJ 2	5.93			
3	SJ 3	4.96			
4	SJ 4	8.12			
5	SJ 5	7.14			
6	SJ 6	9.19			
7	SJ 7	6.25	1.42	10.77	0.08
8	SJ 8	2.48	3.82	5.71	0.06
9	SJ 9	2.81			
10	SJ 10	6.88			
11	SJ 11	4.78	2.27	10.95	0.13
12	SJ 12	4.19	2.24	11.42	0.19
13	SJ 13	4.24	2.14	11.51	0.17
14	SJ 14	8.11			
15	SJ 15	6.22			
16	SJ 16	6.88	1.34	10.80	0.06
17	SJ 17	4.28	2.38	10.33	0.16
18	SJ 18	8.91			
19	SJ 19	16.84	4.11	6.10	0.17
20	SJ 20	7.85			
21	SJ 21	9.14			
22	SJ 22	7.62			
23	SJ 23	9.38			



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisinina (PPM)	DON (PPM)
24	SJ 24	4.82			
25	SJ 25	7.23			
26	SJ 26	7.14			
27	SJ 27	6.53	1.74	10.83	0.07
28	SJ 28	7.18			
29	SJ 29	6.31	1.94	10.42	0.08
30	SJ 30	6.64			
31	SJ 31	5.31			
32	SJ 32	6.93			
33	SJ 33	3.19			
34	SJ 34	4.32			
35	SJ 35	8.63			
36	SJ 36	4.54			
ULTIMA LINEA					

Método: Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay: Ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas)

CÓDIGO DE SALUD: Cuando las Normas de COGUANOR se encuentran desactualizadas o no contienen los datos para determinación o interpretación de resultados, se toman como referencia las Normas del CODEX ALIMENTARIUS, FDA, OMS, OIC, Union Europea u otras Normas Internacionales.

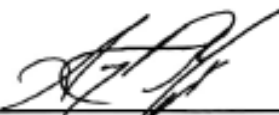
Aflatoxinas :	El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la Normativa Coguanor NGO 34 047 (20 ppb)
Totales	
Ocratoxina :	El producto se considera de riesgo para consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OIC (5 ppb)
Fumonisinina :	El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)
DON :	El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)
(Vomitoxina)	

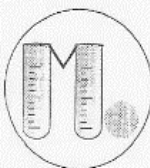


MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Telefax: 2485-7128
Tel.: 5208-7173 y 2442-1240


Dra. Sunny Paola Morataya A.
Mycotox Lab.



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

INFORME RESULTADOS LABORATORIO MICOTOXINAS

SOLICITUD NO. 8060

Empresa: **IICA - CRIA**
Dirección: **7a. Avenida 14-44, zona 9 Edif. La Galería 4o. Nivel, Of. 402**
Remitido por : **Ing. Servio Villela**
Teléfonos: **5883-0717/2386-5900**
Fecha de ingreso: **03/04/2018**
Fecha de egreso: **19/04/2018**
Muestra: **MAIZ JC**
Número de muestras enviadas: **-25-**
Análisis solicitado **MICOTOXINAS**
Muestra tomada por: **CLIENTE.**

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisina (PPM)	DON (PPM)
1	JC 1	0.09			
2	JC 2	5.22			
3	JC 3	2.11	2.86	1.69	0.06
4	JC 4	6.61			
5	JC 5	3.72			
6	JC 6	4.93			
7	JC 7	1.99	0.89	0.42	0.04
8	JC 8	1.66	0.49	0.32	0.96
9	JC 9	0.94			
10	JC 10	17.15			
11	JC 11	2.14			
12	JC 12	2.14			
13	JC 13	8.04			
14	JC 14	2.54			
15	JC 15	1.37	1.88	3.31	0.13
16	JC 16	32.27			
17	JC 17	6.91			
18	JC 18	1.94			
19	JC 19	3.82			
20	JC 20	2.22			
21	JC 21	2.71			
22	JC 22	3.15			
23	JC 23	7.46			

**MYCOTOX LAB.**
Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros
2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Tel.: 2485-7128
Tels.: 5206-7173, 2442-1240
2219-8555



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisinina (PPM)	DON (PPM)
24	JC 24	0.35	0.72	6.61	0.04
25	JC 25	24.15			
ULTIMA LINEA					

Método: Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay: Ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas)

CODIGO DE SALUD: Cuando las Normas de COGUANOR se encuentran desactualizadas o no contienen los datos para determinación o interpretación de resultados, se toman como referencia las Normas del CODEX ALIMENTARIUS, FDA, OMS, OIC, Union Europea u otras Normas Internacionales.

Aflatoxinas : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la Normativa Coganor NGO 34 047 (20 ppb)

Ocratoxina : El producto se considera de riesgo para consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OIC (5 ppb)

Fumonisinina : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)

DON : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)

(Vomitoxina)

Dra. Sunny Paola Morataya A.
Mycotox Lab.

MYCOTOX LAB.
Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros
2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Tel.: 2485-7128
Tels.: 5206-7173, 2442-1240
2219-8555

Condiciones Generales:

Los resultados del presente informe se refieren solo a la o las muestras tal y como fueron recibidas en Mycotox Lab.

Se prohíbe la reproducción parcial, total o cualquier alteración de este informe.

Mycotox Lab No se responsabiliza ni garantiza la procedencia u origen de la o las muestras ingresadas a este laboratorio, así como cualquier aspecto relacionado con la identificación otorgada por el cliente, ya que el cliente es responsable de la toma e identificación de la muestra.

Mycotox Lab respeta la identificación de la muestra otorgada por el cliente para efectos de emisión de resultados únicamente.

Mycotox Lab No se responsabiliza por el uso posterior de estos informes otorgados.

cc/Archivo

2a. Avenida 33-00, zona 12, Col. El Carmen, Cond. El Carmen Casa No. 4
Telefax 2485-7128, Tel. 2442-1240, Cel. 5206-7173



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

INFORME RESULTADOS LABORATORIO MICOTOXINAS

SOLICITUD NO. 8059

Empresa: **IICA - CRIA**
Dirección: **7a. Avenida 14-44, zona 9 Edif. La Galería 4o. Nivel, Of. 402**
Remitido por: **Ing. Servio Villela**
Teléfonos: **5883-0717/2386-5900**
Fecha de ingreso: **03/04/2018**
Fecha de egreso: **19/04/2018**
Muestra: **MAIZ CM**
Número de muestras enviadas: **-35-**
Análisis solicitado **MICOTOXINAS**
Muestra tomada por: **CLIENTE.**

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisinina (PPM)	DON (PPM)
1	CM 1	65.81		7.23	
2	CM 2	10.14			
3	CM 3	71.25	2.84	2.56	0.93
4	CM 4	44.15			
5	CM 5	6.15			
6	CM 6	72.86			
7	CM 7	8.16	0.72	0.48	0.02
8	CM 8	72.82			
9	CM 9	9.11			
10	CM 10	27.94			
11	CM 11	38.71	0.46	0.44	0.02
12	CM 12	2.84			
13	CM 13	6.17			
14	CM 14	12.18		0.41	
15	CM 15	24.62			
16	CM 16	38.15			
17	CM 17	18.77			
18	CM 18	31.46			
19	CM 19	11.18			
20	CM 20	7.14			
21	CM 21	88.44	0.48	0.61	0.05
22	CM 22	56.18			
23	CM 23	17.64			

 **MYCOTOX LAB.**
Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros
2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Tel.: 2485-7128
Tels.: 5206-7173, 2442-1240
2219-8555



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisinina (PPM)	DON (PPM)
24	CM 24	4.28			
25	CM 25	3.62			
26	CM 26	28.15			
27	CM 27	80.17			
28	CM 28	34.12			
29	CM 29	55.13			
30	CM 30	37.14			
31	CM 31	11.17			
32	CM 32	26.42			
33	CM 33	27.51			
34	CM 34	31.18			
35	CM 35	31.87	6.80	5.36	0.112
ULTIMA LINEA					

Método: Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay: Ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas)

CODIGO DE SALUD: Cuando las Normas de COGUANOR se encuentran desactualizadas o no contienen los datos para determinación o interpretación de resultados, se toman como referencia las Normas del CODEX ALIMENTARIUS, FDA, OMS, OIC, Union Europea u otras Normas Internacionales.

Aflatoxinas : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la Normativa Coguanor NGO 34 047 (20 ppb)

Ocratoxina : El producto se considera de riesgo para consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OIC (5 ppb)

Fumonisinina : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)

DON : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)

Dra. Sunny Paola Morataya A.
Mycotox Lab.

MYCOTOX LAB.
Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros
2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Tel.: 2485-7128
Tels.: 5206-7173, 2442-1240
2219-8555

Condiciones Generales:

Los resultados del presente informe se refieren solo a la o las muestras tal y como fueron recibidas en Mycotox Lab.

Se prohíbe la reproducción parcial, total o cualquier alteración de este informe.

Mycotox Lab No se responsabiliza ni garantiza la procedencia u origen de la o las muestras ingresadas a este laboratorio, así como cualquier aspecto relacionado con la identificación otorgada por el cliente, ya que el cliente es responsable de la toma e identificación de la muestra.

Mycotox Lab respeta la identificación de la muestra otorgada por el cliente para efectos de emisión de resultados únicamente.

Mycotox Lab No se responsabiliza por el uso posterior de estos informes otorgados.

cc/Archivo

2a. Avenida 33-00, zona 12, Col. El Carmen, Cond. El Carmen Casa No. 4
Telefax 2485-7128, Tel. 2442-1240, Cel. 5206-7173

www.mycotoxlab.com



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

INFORME RESULTADOS LABORATORIO MICOTOXINAS

SOLICITUD NO. 8061

Empresa: **HICA - CRIA**
Dirección: **7a. Avenida 14-44, zona 9 Edif. La Galería 4o. Nivel, Of. 402**
Remitido por: **Ing. Servio Villela**
Teléfonos: **5883-0717/2386-5900**
Fecha de ingreso: **03/04/2018**
Fecha de egreso: **19/04/2018**
Muestra: **MAIZ SJ**
Número de muestras enviadas: **-36-**
Análisis solicitado **MICOTOXINAS**
Muestra tomada por: **CLIENTE.**

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisinina (PPM)	DON (PPM)
1	SJ 1	14.64			
2	SJ 2	17.28			
3	SJ 3	0.86			
4	SJ 4	26.94			
5	SJ 5	23.15			
6	SJ 6	3.24			
7	SJ 7	6.71			
8	SJ 8	5.34			
9	SJ 9	24.88			
10	SJ 10	12.48			
11	SJ 11	9.57			
12	SJ 12	8.71			
13	SJ 13	0.86	0.25	0.04	0.03
14	SJ 14	28.15			
15	SJ 15	2.46	8.84	0.96	0.06
16	SJ 16	33.16			
17	SJ 17	8.18			
18	SJ 18	24.83			
19	SJ 19	1.12	1.47	0.56	0.08
20	SJ 20	24.12			
21	SJ 21	1.72			
22	SJ 22	2.71			
23	SJ 23	32.86			



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Tel.: 2485-7128
Tels.: 5206-7173, 2442-1240
2219-8555

www.mycotoxlab.com



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisina (PPM)	DON (PPM)
24	SJ 24	4.02			
25	SJ 25	1.18			
26	SJ 26	0.96			
27	SJ 27	5.93			
28	SJ 28	6.19			
29	SJ 29	6.84			
30	SJ 30	1.91	2.81	6.69	0.14
31	SJ 31	2.82			
32	SJ 32	6.57			
33	SJ 33	6.17	0.20	0.43	0.13
34	SJ 34	3.76			
35	SJ 35	17.52			
36	SJ 36	26.14			
ULTIMA LINEA					

Método: Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay: Ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas)

CODIGO DE SALUD: Cuando las Normas de COGUANOR se encuentran desactualizadas o no contienen los datos para determinación o interpretación de resultados, se toman como referencia las Normas del CODEX ALIMENTARIUS, FDA, OMS, OIC, Union Europea u otras Normas Internacionales.

Aflatoxinas : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la Normativa Coguanor NGO 34 047 (20 ppb)

Ocratoxina : El producto se considera de riesgo para consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OIC (5 ppb)

Fumonisina : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)

DON : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)

Dra. Sunny Paola Morataya A.
Mycotox Lab.

MYCOTOX LAB.
Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros
2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Tel.: 2485-7128
Tels.: 5206-7173, 2442-1240
2219-8555

Condiciones Generales:

Los resultados del presente informe se refieren solo a la o las muestras tal y como fueron recibidas en Mycotox Lab.
Se prohíbe la reproducción parcial, total o cualquier alteración de este informe.

Mycotox Lab No se responsabiliza ni garantiza la procedencia u origen de la o las muestras ingresadas a este laboratorio, así como cualquier aspecto relacionado con la identificación otorgada por el cliente, ya que el cliente es responsable de la toma e identificación de la muestra.

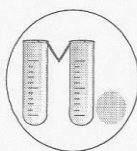
Mycotox Lab respeta la identificación de la muestra otorgada por el cliente para efectos de emisión de resultados únicamente.

Mycotox Lab No se responsabiliza por el uso posterior de estos informes otorgados.

cc/Archivo

2a. Avenida 33-00, zona 12, Col. El Carmen, Cond. El Carmen Casa No. 4
Telefax 2485-7128, Tel. 2442-1240, Cel. 5206-7173

www.mycotoxlab.com



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

INFORME RESULTADOS LABORATORIO MICOTOXINAS

SOLICITUD NO. 8108

Empresa: IICA - CRIA
Dirección: 7a. Avenida 14-44, zona 9 Edif. La Galería 4o. Nivel, Of. 402
Remitido por : Ing. Servio Villela
Teléfonos: 5883-0717/2386-5900
Fecha de ingreso: 08/05/2018
Fecha de egreso: 18/05/2018
Muestra: MAIZ COCIDO JC
Número de muestras enviadas: -25-
Análisis solicitado MICOTOXINAS
Muestra tomada por: CLIENTE.

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisinina (PPM)	DON (PPM)
1	JC 1	7.18	2.52	0.21	0.22
2	JC 2	12.91			
3	JC 3	9.84			
4	JC 4	6.15			
5	JC 5	10.18	3.15	1.12	0.16
6	JC 6	12.77			
7	JC 7	9.82			
8	JC 8	15.16			
9	JC 9	11.71			
10	JC 10	10.84			
11	JC 11	14.53	2.29	1.31	0.13
12	JC 12	11.08			
13	JC 13	8.94			
14	JC 14	14.22			
15	JC 15	16.07			
16	JC 16	9.71	3.88	0.94	0.18
17	JC 17	11.62			
18	JC 18	13.88			
19	JC 19	10.17			
20	JC 20	13.41	3.67	1.62	0.15
21	JC 21	9.81			
22	JC 22	14.94			
23	JC 23	16.27			



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros
2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Tel.: 2485-7128
Tels.: 5206-7173, 2442-1240
2219-8555

www.mycotoxlab.com



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisina (PPM)	DON (PPM)
24	JC 24	13.12			
25	JC 25	10.93			
ULTIMA LINEA					

Método: Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay: Ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas)

CODIGO DE SALUD: Cuando las Normas de COGUANOR se encuentran desactualizadas o no contienen los datos para determinación o interpretación de resultados, se toman como referencia las Normas del CODEX ALIMENTARIUS, FDA, OMS, OIC, Union Europea u otras Normas Internacionales.

Aflatoxinas : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la Normativa Coguanor NGO 34 047 (20 ppb)

Ocratoxina : El producto se considera de riesgo para consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OIC (5 ppb)

Fumonisina : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)

DON : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)


Dra. Sunny Paola Morataya A.
Mycotox Lab.

Condiciones Generales:

Los resultados del presente informe se refieren solo a la o las muestras tal y como fueron recibidas en Mycotox Lab.

Se prohíbe la reproducción parcial, total o cualquier alteración de este informe.

Mycotox Lab No se responsabiliza ni garantiza la procedencia u origen de la o las muestras ingresadas a este laboratorio, así como cualquier aspecto relacionado con la identificación otorgada por el cliente, ya que el cliente es responsable de la toma e identificación de la muestra.

Mycotox Lab respeta la identificación de la muestra otorgada por el cliente para efectos de emisión de resultados únicamente.

Mycotox Lab No se responsabiliza por el uso posterior de estos informes otorgados.

cc/Archivo

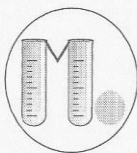
2a. Avenida 33-00, zona 12, Col. El Carmen, Cond. El Carmen Casa No. 4
Telefax 2485-7128, Tel. 2442-1240, Cel. 5206-7173



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Tel.: 2485-7128
Tels.: 5206-7173, 2442-1240
2219-8555



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

INFORME RESULTADOS LABORATORIO MICOTOXINAS

SOLICITUD NO. 8107

Empresa: **HICA - CRIA**
Dirección: **7a. Avenida 14-44, zona 9 Edif. La Galería 4o. Nivel, Of. 402**
Remitido por: **Ing. Servio Villela**
Teléfonos: **5883-0717/2386-5900**
Fecha de ingreso: **08/05/2018**
Fecha de egreso: **18/05/2018**
Muestra: **MAIZ COCIDO CM**
Número de muestras enviadas: **-35-**
Análisis solicitado **MICOTOXINAS**
Muestra tomada por: **CLIENTE.**

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisinina (PPM)	DON (PPM)
1	CM 1	3.91	2.36	0.47	2.36
2	CM 2	4.15			
3	CM 3	7.87			
4	CM 4	5.13			
5	CM 5	12.82	4.71	0.78	0.13
6	CM 6	10.84			
7	CM 7	6.77			
8	CM 8	8.19			
9	CM 9	11.14			
10	CM 10	7.11			
11	CM 11	12.94			
12	CM 12	9.25			
13	CM 13	8.91			
14	CM 14	11.18			
15	CM 15	13.26			
16	CM 16	9.92	3.94	0.71	0.98
17	CM 17	4.29			
18	CM 18	8.43			
19	CM 19	10.32			
20	CM 20	16.15			
21	CM 21	7.88			
22	CM 22	11.64			
23	CM 23	10.43			

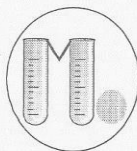


MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Tel.: 2485-7128
Tels.: 5206-7173, 2442-1240
2219-8555

www.mycotoxlab.com



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisinina (PPM)	DON (PPM)
24	CM 24	9.97			
25	CM 25	6.45	2.86	0.72	0.43
26	CM 26	8.14			
27	CM 27	12.76			
28	CM 28	9.11			
29	CM 29	10.66			
30	CM 30	4.82			
31	CM 31	11.71			
32	CM 32	17.04			
33	CM 33	15.55	2.04	0.39	1.84
34	CM 34	8.79			
35	CM 35	7.14			
ULTIMA LINEA					

Método: Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay: Ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas)

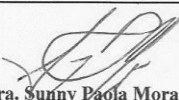
CODIGO DE SALUD: Cuando las Normas de COGUANOR se encuentran desactualizadas o no contienen los datos para determinación o interpretación de resultados, se toman como referencia las Normas del CODEX ALIMENTARIUS, FDA, OMS, OIC, Union Europea u otras Normas Internacionales.

Aflatoxinas : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la Normativa Coguanor NGO 34 047 (20 ppb)

Ocratoxina : El producto se considera de riesgo para consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OIC (5 ppb)

Fumonisinina : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)

DON : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)
(Vomitoxina)


Dra. Sunny Paola Morataya A.
Mycotox Lab.

 **MYCOTOX LAB.**
Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros
2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Tel.: 2485-7128
Tels.: 5206-7173, 2442-1240
2219-8555

Condiciones Generales:

Los resultados del presente informe se refieren solo a la o las muestras tal y como fueron recibidas en Mycotox Lab.

Se prohíbe la reproducción parcial, total o cualquier alteración de este informe.

Mycotox Lab No se responsabiliza ni garantiza la procedencia u origen de la o las muestras ingresadas a este laboratorio, así como cualquier aspecto relacionado con la identificación otorgada por el cliente, ya que el cliente es responsable de la toma e identificación de la muestra.

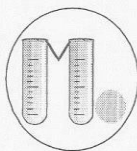
Mycotox Lab respeta la identificación de la muestra otorgada por el cliente para efectos de emisión de resultados únicamente.

Mycotox Lab No se responsabiliza por el uso posterior de estos informes otorgados.

cc/Archivo

2a. Avenida 33-00, zona 12, Col. El Carmen, Cond. El Carmen Casa No. 4
Telefax 2485-7128, Tel. 2442-1240, Cel. 5206-7173

www.mycotoxlab.com



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

INFORME RESULTADOS LABORATORIO MICOTOXINAS

SOLICITUD NO. 8109

Empresa: IICA - CRIA
Dirección: 7a. Avenida 14-44, zona 9 Edif. La Galería 4o. Nivel, Of. 402
Remitido por : Ing. Servio Villela
Teléfonos: 5883-0717/2386-5900
Fecha de ingreso: 08/05/2018
Fecha de egreso: 18/05/2018
Muestra: MAIZ COCIDO SJ
Número de muestras enviadas: -36-
Análisis solicitado: MICOTOXINAS
Muestra tomada por: CLIENTE.

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisinina (PPM)	DON (PPM)
1	SJ 1	10.94			
2	SJ 2	7.41			
3	SJ 3	8.48	1.83	0.31	0.32
4	SJ 4	6.27			
5	SJ 5	7.22	2.11	0.36	0.22
6	SJ 6	10.84			
7	SJ 7	11.15			
8	SJ 8	8.16			
9	SJ 9	14.57			
10	SJ 10	7.92			
11	SJ 11	15.65			
12	SJ 12	12.11			
13	SJ 13	9.47			
14	SJ 14	8.55			
15	SJ 15	11.72			
16	SJ 16	14.63			
17	SJ 17	7.82			
18	SJ 18	16.06	3.55	2.02	0.27
19	SJ 19	11.47			
20	SJ 20	10.09			
21	SJ 21	9.11			
22	SJ 22	14.72			
23	SJ 23	9.16			



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros
2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Tel.: 2485-7128
Tels.: 5206-7173, 2442-1240
2219-8555

www.mycotoxlab.com



MYCOTOX LAB.

Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros

Cantidad Muestras	Identificación	Aflatoxinas (PPB)	Ocratoxina (PPB)	Fumonisina (PPM)	DON (PPM)
24	SJ 24	16.82			
25	SJ 25	15.71	3.11	0.94	0.43
26	SJ 26	11.43			
27	SJ 27	9.88			
28	SJ 28	8.14			
29	SJ 29	8.73			
30	SJ 30	11.64			
31	SJ 31	7.93			
32	SJ 32	10.12			
33	SJ 33	9.81	2.83	1.15	0.28
34	SJ 34	16.42			
35	SJ 35	13.08			
36	SJ 36	10.43			

ULTIMA LINEA

Método: Elisa (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay: Ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas)

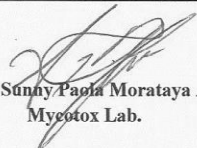
CODIGO DE SALUD: Cuando las Normas de COGUANOR se encuentran desactualizadas o no contienen los datos para determinación o interpretación de resultados, se toman como referencia las Normas del CODEX ALIMENTARIUS, FDA, OMS, OIC, Union Europea u otras Normas Internacionales.

Aflatoxinas : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la Normativa Coguanor NGO 34 047 (20 ppb)

Ocratoxina : El producto se considera de riesgo para consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OIC (5 ppb)

Fumonisina : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)

DON : El producto se considera de riesgo para su consumo si se encuentra por encima de los niveles de rechazo sugeridos según la OMS (2ppm)


Dra. Sunny Paola Morataya A.
Mycotox Lab.

Condiciones Generales:

Los resultados del presente informe se refieren solo a la o las muestras tal y como fueron recibidas en Mycotox Lab.

Se prohíbe la reproducción parcial, total o cualquier alteración de este informe.

Mycotox Lab No se responsabiliza ni garantiza la procedencia u origen de la o las muestras ingresadas a este laboratorio, así como cualquier aspecto relacionado con la identificación otorgada por el cliente, ya que el cliente es responsable de la toma e identificación de la muestra.

Mycotox Lab respeta la identificación de la muestra otorgada por el cliente para efectos de emisión de resultados únicamente.

Mycotox Lab No se responsabiliza por el uso posterior de estos informes otorgados.

cc/Archivo

2a. Avenida 33-00, zona 12, Col. El Carmen, Cond. El Carmen Casa No. 4
Telefax 2485-7128, Tel. 2442-1240, Cel. 5206-7173

www.mycotoxlab.com

 **MYCOTOX LAB.**
Análisis Alimentos
Micotoxinas y Otros
2a. Avenida 33-00, Zona 12
Col. El Carmen, Cond. El Carmen
Casa # 4, Tel.: 2485-7128
Tels.: 5206-7173, 2442-1240
2219-8555

Anexo 4. Muestras de granos de maíz (*Z. mays* L.) del municipio de Jocotán, del departamento de Chiquimula, Guatemala, 2018.



Imagen a) Maíz en etapa de dobla, previo a seleccionar (tapiscar) las 10 mazorcas o 3 libras.

Imagen b) 11 mazorcas de maíz seleccionadas del campo de producción.

Imagen c) Desgrane a mano de las 11 mazorcas de maíz seleccionadas.

Anexo 5. Muestras de granos de maíz (*Z. mays* L.) del municipio de Camotán, del departamento de Chiquimula, Guatemala, 2018.



Imagen a) Maíz en etapa de dobla, previo a seleccionar (tapiscar) las 10 mazorcas o 3 libras.

Imagen b) 18 mazorcas de maíz seleccionadas del campo de producción.

Imagen c) Desgrane a mano de las 18 mazorcas de maíz seleccionadas.

Anexo 6. Muestras de granos de maíz (*Z. mays* L.) del municipio de San Juan Ermita, del departamento de Chiquimula, Guatemala, 2018.

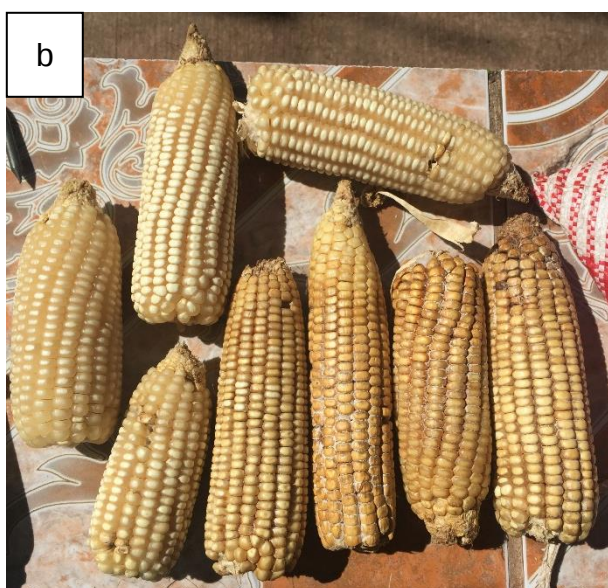


Imagen a) Maíz en etapa de dobla, previo a seleccionar (tapiscar) las 10 mazorcas o 3 libras.

Imagen b) 8 mazorcas de maíz seleccionadas del campo de producción.

Imagen c) Desgrane a mano de las 8 mazorcas de maíz seleccionadas.

Anexo 7. Muestras de granos de maíz (*Z. mays* L.) de los municipios de Jocotán, Camotán y San Juan Ermita, del departamento de Chiquimula, Guatemala, 2018.

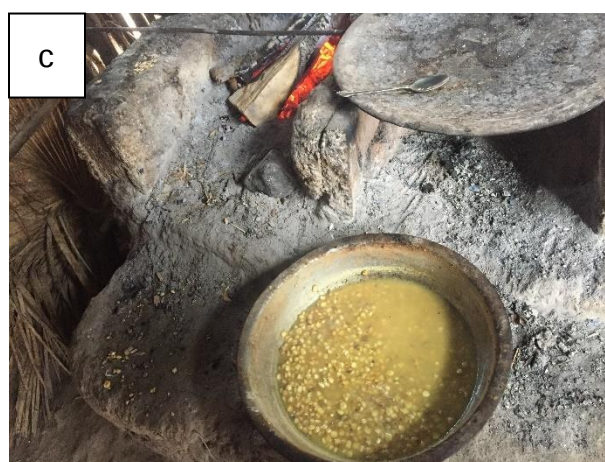


Imagen a) Maíz cocido en una localidad del municipio de Jocotán para el análisis de Micotoxinas.

Imagen b) Maíz cocido en una localidad del municipio de Camotán para el análisis de Micotoxinas.

Imagen c) Maíz cocido en una localidad del municipio de San Juan Ermita para el análisis de Micotoxinas.